# الأداء الرياضى الآمن

# و

# الشقوق الطليقة ، مضادات الأكسدة

الدكتور
**أبو العلا أحمد عبد الفتاح**
أستاذ فسيولوجيا الرياضة
كلية التربية الرياضية ـ جامعة حلوان

الدكتور
**عمر شكرى عمر**
أستاذ فسيولوجيا الرياضة
كلية التربية الرياضية ـ جامعة أسيوط

الدكتور
**طارق حسن المتولى**
مدرس الكيمياء الحيوية
كلية الطب ـ جامعة أسيوط

الطبعة الأولى
١٤٢٦هـ / ٢٠٠٥م

**ملتزم الطبع والنشر**
دار الفكر العربى
٩٤ شارع عباس العقاد ـ مدينة نصر ـ القاهرة
ت : ٢٧٥٢٩٨٤، ٢٧٥٢٧٣٥ فاكس: ٢٧٥٢٧٣٥
www.darelfikrelarabi.com
INFO@darelfikrelarabi.com

٥٧٤,١ أبو العلا أحمد عبد الفتاح.
ع ل أ د الأداء الرياضى الآمن والشقوق الطليقة، مضادات الأكسدة/ أبو العلا أحمد عبد الفتاح، عمر شكرى عمر، طارق حسن المتولى.- القاهرة: دارالفكر العربى، ٢٠٠٥م.
١١٦ص: إيض؛ ٢٤سم .- (سلسلة الفكر العربى فى التربية البدنية والرياضة؛ ٢٧).
تدمك:×- ١٨٨٥-١٠-٩٧٧.
١-التدريب الرياضى . ٢- الفسيولوچيا. ٣- الطب الرياضى . أ- عمر شكرى عمر، مؤلف مشارك. ب- طارق حسن المتولى، مؤلف مشارك. جـ- العنوان. د - السلسلة.



تصميم وإخراج فنى

**حسام حسين أنيس**

رقم الإيداع/ ١٥٥٤٨/ ٢٠٠٤

بسم الله الرحمن الرحيم

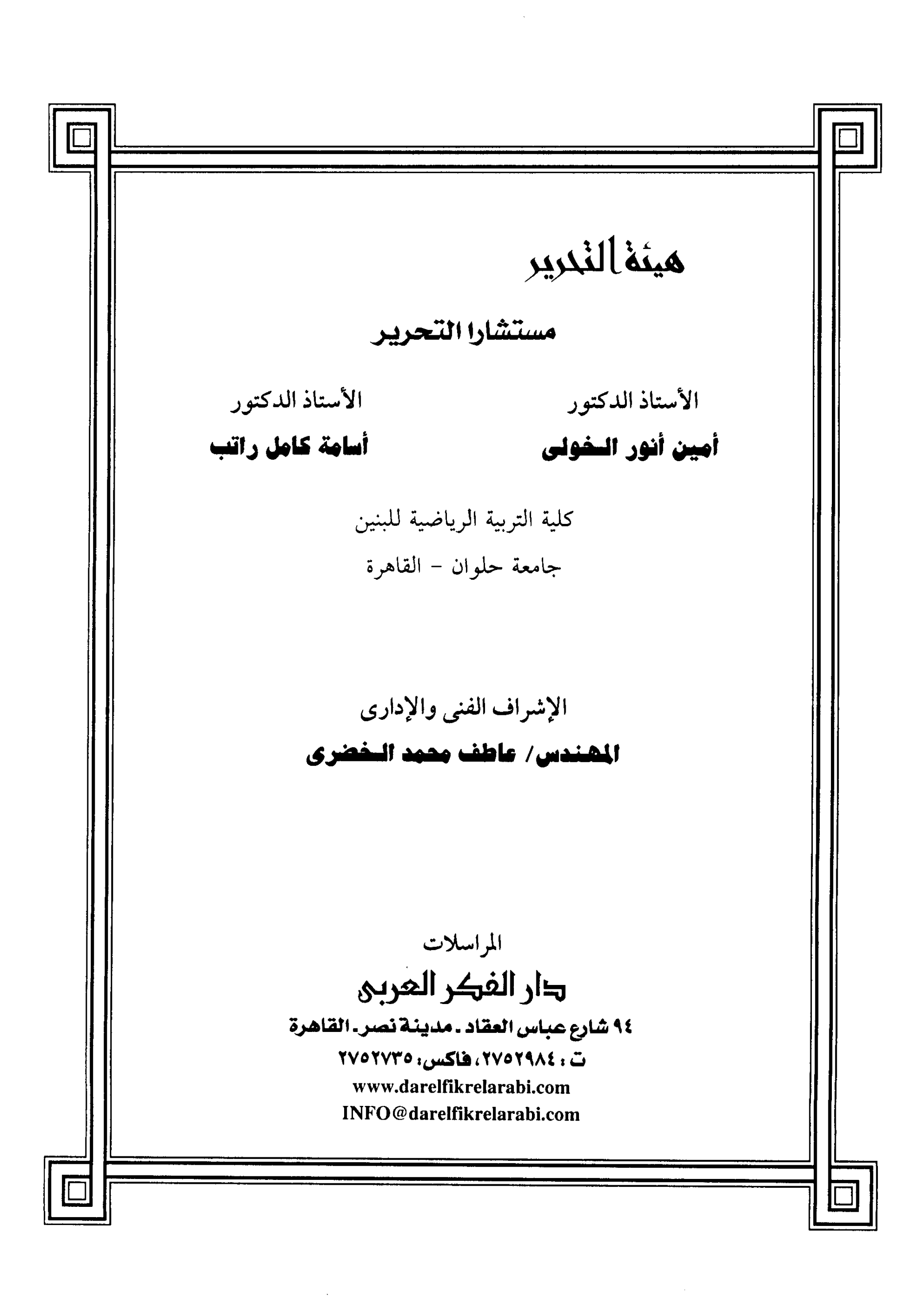
## كلمة التحرير

ظهرت مفاهيم الشقوق الطليقة، مضادات الأكسدة ـ فى الآونة الأخيرة ـ مقترنة بالأذى والضرر الذى يصيب الرياضيين، وبخاصة فى حالات التدريب القاسى، العالى الشدة والحجم، وفى ظل عدم وعى بعض المدربين بالأسس الصحيحة لتقنين الأحمال، وأيضا عدم معرفتهم بالتغذية الملائمة لأنواع الرياضة المختلفة، ولأن التدريب الرياضى أصبح مبحثا علميا يقوم على حقائق ونظريات وأسس ؛ فإن عمليات التدريب ـ أيا كانت ـ يجب أن تستند على التقويم الفسيولوجى المستمر للأداء فى ظل الحدود الآمنة، وإلا تعرَّض الرياضى إلى تلف خلاياه الحية نتيجة أكسدتها، الأمر الذى يسبب الضرر ونقص المناعة والأمراض التى قد تقصف عمر الرياضى ؛ ولذلك ينبغى أن يلمَّ المدرب ـ وكذلك الرياضى ـ بالمواد الغذائية التى تعيد التوازن الفسيولوجى له، وتحارب الشقوق الطليقة كمضادات للأكسدة .

وهذه الدراسة اجتهدت فى أن توضح لنا تلك المفاهيم والمبادئ بأسلوب علمى رصين ومبسَّط، لا نملك حياله إلا أن نتقدم بالشكر للأساتذة المؤلفين على جهدهم، سائلين المولى عزَّ وجلَّ لهم المزيد من التقدم .

والله ولى التوفيق

**أسرة التحرير**




# هيئة التحرير

## مستشارا التحرير

الأستاذ الدكتور
**أمين أنور الخولى**

الأستاذ الدكتور
**أسامة كامل راتب**

كلية التربية الرياضية للبنين
جامعة حلوان - القاهرة

الإشراف الفنى والإدارى
**المهندس/ عاطف محمد الخضرى**



المراسلات

**دار الفكر العربى**

**٩٤ شارع عباس العقاد - مدينة نصر - القاهرة**

**ت : ٢٧٥٢٩٨٤، ٢٧٥٢٧٣٥، فاكس: ٢٧٥٢٧٣٥**

**www.darelfikrelarabi.com**

**INFO@darelfikrelarabi.com**

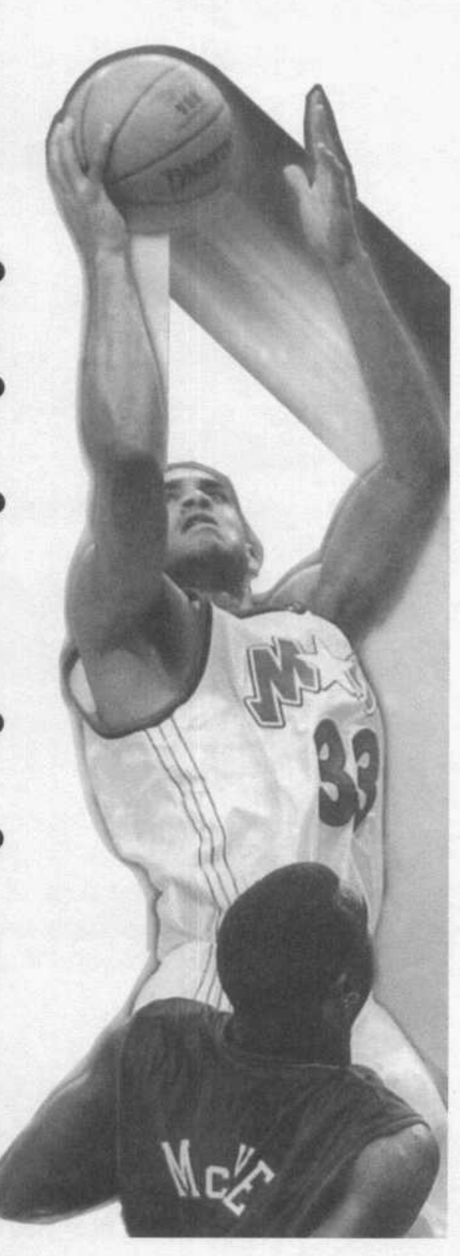
## شروط النشر بالسلسلة

- تقبل البحوث والدراسات والترجمات ذات الطبيعة النظرية للنشر باللغة العربية فقط، بحيث يتضمن كل عدد دراسة واحدة فقط.
- يشترط فى المادة المقدمة ألا تكون قد نشرت من قبل، كما يجب أن تتصف بالجدة والحداثة والعمق، وتعطى أولوية خاصة للموضوعات التى تعالج قضايا رياضية ذات طابع عام والتى تهم المجتمع العربى وتسهم فى حل قضاياه ومشكلاته الرياضية والتربوية، كما تعطى كذلك أولوية للموضوعات والمواد التى تفتقر إليها المكتبة العربية.
- يتراوح حجم المادة المقدمة للنشر ما بين ٣٠ صفحة A4 (كحد أدنى) و٩٠ صفحة (كحد أقصى) للدراسة الواحدة، وتستثنى من ذلك بعض الموضوعات الخاصة وبموافقة مستشارى التحرير.
- تقدم الإسهامات نسختين مكتوبتين على الآلة الكاتبة أو على الحاسب الآلى، ويجب أن تعتمد على الأصول العلمية المتعارف عليها فى كتابة البحوث من حيث طريقة العرض والاقتباس والتوثيق والإسناد. كما يجب ترتيب قائمة المراجع أبجديا فى نهاية الدراسة (إن وجدت).
- يرفق بالبحث ملخص عربى للدراسة لا يزيد عن نصف صفحة، سواء كانت الدراسة تأليفا أم ترجمة، كما ترفق كذلك نبذة عن أهم جوانب السيرة الذاتية للمؤلف أو المترجم، وجهة عمله، ورتبته الأكاديمية، وذلك باللغة العربية مع عدد (٢) صورة شخصية ملونة.
- ترسل الإسهامات (المترجمة) مع صورة من بيانات النشر للمادة بلغتها الأصلية، وكحد أدنى يجب توضيح (اسم المؤلف الأصلى وعنوان الدراسة أو الكتيب، وتاريخ نشر الدراسة، وجهة النشر)، كما يمكن الاتفاق على الترجمة بشكل مسبق، وذلك بإرسال صورة الغلاف الداخلى، وفهرست الكتيب أو الدراسة ـ باللغة الأصلية ـ مع موجز من السيرة الذاتية للمترجم التى توضح صلته بالدراسة.
- يخطر المؤلف/ المترجم بقبول المادة للنشر بريديا أو هاتفيا على العنوان المرفق ببحثه، والدار غير مطالبة بإبداء الأسباب بالنسبة للدراسات غير المقبولة للنشر ولا إعادتها.
- تصرف مكافأة مالية مجزية للمؤلف أو المترجم فور قبول العمل للنشر بالإضافة إلى (٥٠) نسخة هدية من نفس العدد.

# المحتويات

# الفصل الأول

## الشقوق الطليقة Free Radical





- مقدمة
- الأهمية الميدانية
- خطورة إغفال دور الشقوق الطليقة
- تأريخ علاج الأكسجين
- ماهية الشقوق الطليقة

## مقدمة

يُعدُّ التطور السريع لعلم فسيولوجيا الرياضة، وشموليته لكافة أنواع الأداء الرياضى، وما يقدمه هذا العلم من تفسير للاستجابات والتكيفات الفسيولوجية، حجر الزاوية فى تطور طرق التعلم الحركى والأداء الرياضى، ولا شكَّ أن فهم وتفسير نتائج هذا الأداء وتقويمه هو السبيل إلى ارتفاع مستوى الأداء البدنى .

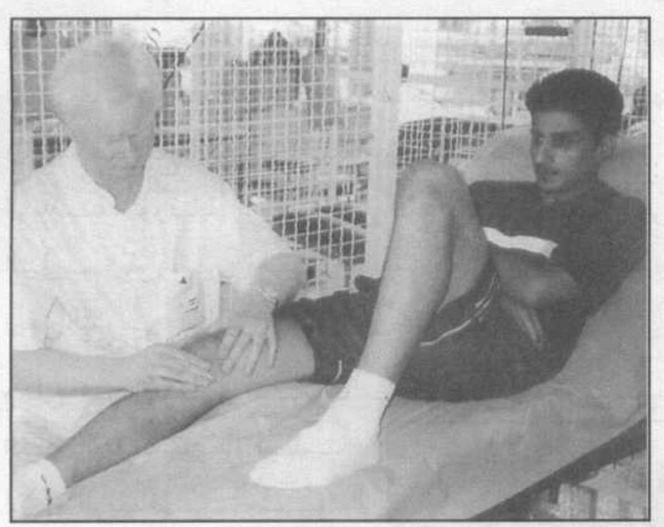
كما تعدُّ الزيادة المستمرة فى الأحمال التدريبية الملقاة على كاهل اللاعب، والتى وصلت إلى درجة جعلته على حافة الخطر ، دافعا للباحثين والعلماء فى البحث عن أفضل الطرق والوسائل التى تساعد هذا اللاعب فى مواجهة تلك الزيادة المستمرة الملازمة لبرامج التدريب الحديثة، بل والوقاية من كثير من سلبيات الممارسة الرياضية، ووقاية الرياضيين من الإصابات المرضية، من خلال تخطيط برامج التدريب والموازنة بين الحمل والراحة، مع نظام غذائى مدروس للتغذية قبل وأثناء وبعد التدريب والمنافسة .



وعلى مر العصور استمرت اللياقة البدنية قاعدة أساسية للأداء الرياضى، سواء للأبطال الرياضيين أو لممارسى النشاط الرياضى من أجل الصحة، هذه اللياقة لن تتأتَّى دون اتِّباع القواعد العلمية لتنميتها وتقويمها ؛ من أجل الارتفاع بمستوى الأداء الرياضى، فهذا التقويم لا بدَّ أن يعتمد على عمليات التقويم الفسيولوجى ؛ فتضخم حمل التدريب الرياضى، وزيادة شدته من أهم مميزات برامج التدريب الحديثة ؛ مما يدعو إلى التساؤل عن الحدود الفسيولوجية التى يمكن أن يتوقف عندها تطور زيادة الأحمال التدريبية، التى أصبحت تشكل خطرا يهدد صحة الرياضى .

وبالرغم من هذا التقدم الملحوظ فى مستوى الأداء الرياضى ؛ فقد تلازم معه فى نفس الوقت تطور ملحوظ فى مستوى الفكر العلمى، ومن ثَمَّ فى البحث العلمى الذى أصبح يبحث وراء هذا الأداء فى تفاصيل أكثر دقة وتعمقا، وبتخصصية تنقب عن المسببات الدقيقة لهذا التطور ؛ من أجل المزيد من التحسن تحت شعار : ( **الأداء الرياضى الآمن** ) .

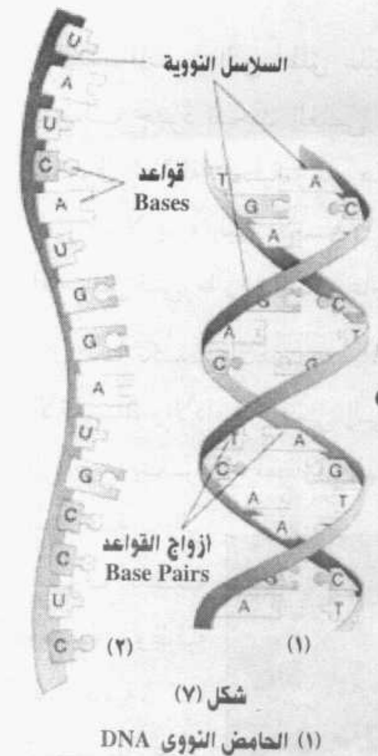
هذا الشعار يهدف ـ فيما يهدف ـ إلى محاولة تجنيب اللاعب لسلبيات الأداء، أو بمعنى أكثر وضوحا :



تجنيب اللاعب الأضرار التى يمكن أن تصيبه نتيجة الأداء الرياضى، حتى ولو كان متقننا متبعا كل الأساليب العلمية، ومن هذا المنطلق اهتم البحث العلمى ـ ليس كما فى الماضى ـ بإيجابيات الممارسة الرياضية، وبما يستفيد منه اللاعب من رفع الكفاءة البدنية، وما يلازم تلك الممارسة من إيجابيات؛ تجعله شخصا صحيحا معافىً، ذا مستوى أداء مرتفع وحسب، بل اتجه البحث العلمى فى السنوات الأخيرة إلى دراسة الظواهر السلبية لرياضات المستويات العليا، ودراسة تلك الظواهر أثمرت عن العديد من العوامل المسببة لها؛ نتيجة التحميل الزائد أو زيادة الضغوط النفسية والعصبية والبدنية، التى يتعرض لها اللاعب أثناء ممارساته الرياضية (٧٥) .

فقد ظهرت ـ مؤخرا ونتيجة هذا التقدم العلمى وتطور وسائل القياس ـ مفاهيم جديدة أشهرها ما أطلق عليه : **التآكل الرياضى** ( Athletic Corrosion ) أو **الإرهابى الكيميائى** ( Chemical Terrorist ) أو **الخائن البيولوجى** (Biological

Renegade )، فـالبـرغم من الفوائد الـتى تعم الجسم بممـارسة النـــشاط يـؤدى هـذا النشـــاط إلى تكـــوين مـا أطلق عـلـيـه الجـذور الحـــرة أو الـشـقـــوق الطـلـيـــقـة (Free Radical)، وتـلـــك الشـقــوق الطليـقـة تـؤدى إلــى أكســـدة العناصـــر الرئيســية للخلية، وإن لــم يتـم مقـاومتها، فإمـا تتـلف الخلية فـتـمـوت أو يطفـر الحـامـض النـووى D N A فيفســد .




A Adenine ادينين
T thymine ثيمين
G Guanine جيوانين
C Cytosine سيتواسين
U Uracil اورسيل

شكل (٧)
(١) الحامض النووى DNA
(٢) الحامض النووى RNA

**خطورة إغفال دور الشقوق الطليقة :**

تطالعنا الأخبـار الرياضـية فى الفترة الأخيرة ـ بين يوم وآخر ـ بأحداث مؤسفة تظهر فى المجـال الرياضى، أو نسمـع أن بعض معـارفنا أو أصدقائنا قد لـقى حتفه أثناء قيامه بـبعض التمارين الرياضية، أو أنه قـد أصيب بإغماء طويل، أو بتشنجات عصبية أثناء تلك الممارسة الرياضية .

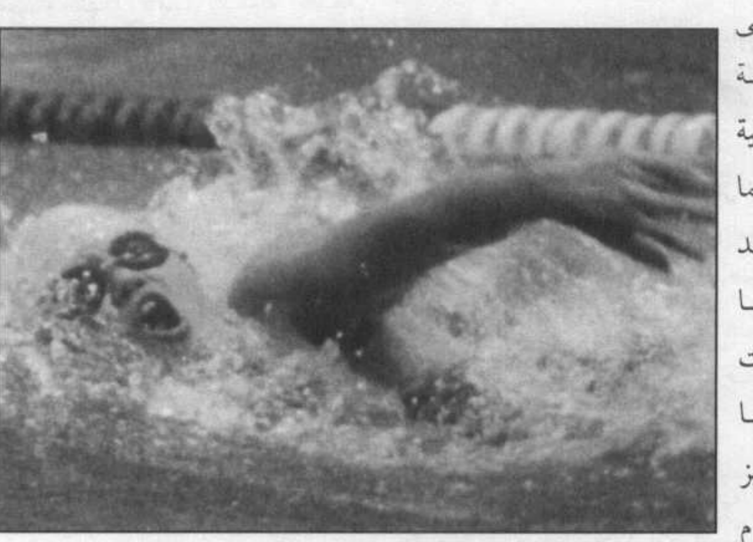
ويعتبر الـسبب الأول والمباشر لهذه الأحداث هو الزيادة الهـائلة فى حجم التدريب، سواء كان هذا الممـارس رياضيا محتـرفا أو كان ممارسا لمجرد الممـارسة، ولكن فى كلتا الحالتين فإن حجم التدريب الرياضى كان السبب الأول وراء ظهور تلك الأحداث .

حيث تؤدى التدريبات البدنية العنيـفة إلى اضطراب ملحوظ فى توزيع البوتاسيوم فى العضلات الهيكلية، والذى هو أحد العناصر الهامة فى كـثير من العمليات الفسيولوجية الضابطة لعمل هذه العضلات ؛ حيث إنه أحد المسببات للتعب العضلى .

إضـافة إلى تعرُّض الرياضـى إلى كثير من الضغـوط البدنية والنفسية، وما يـترتب عليـها من ضغوط فسيـولوجية تمثل تحديا لإمكانات الجسـم البشـرى ؛ سعــيا وراء التفـوق الرياضى، وجـريا وراء تحقيق الإنجـازات الرياضية الصـعبة ؛ مما أثار حـفيظة كـثير من العلماء لدراسة هذه الظواهر الخطيرة، وتمشـيا مع تطـور عـلم البيـولوجيا الجـزيئـية التى غـزت أدق مكـونات الخلية البـشـرية ؛ مما ترتب عـليـه أحـد أهـم

الاكتشـافات، والتى أطلق عليها اسم : الشقـوق الطليقة أو Free Radical، وقد توصلت جهود البحث العلمى إلى معرفة الدور الحيوى والهام، الذى تغزو به تلك الشقوق الطليقة للخلية وتدمرها، وإتلاف مكوناتهـا، وتسببها فى كثير من الظواهر التى قد لا ينتبه إليها الإنسان، بداية مـن نزلات البرد وسقوط الشعر، نهاية بأخطر الأمراض التى ما زال الطب عاجزا أمامها .

كمـا تكمـن الأهـمية الميـدانية فى دراسـة الشـقوق الطليـقة ومـضادات الأكسـدة والأداء الرياضى إلى عـدة عوامل أسـاسيـة، وهى أنه فى المجـال الرياضى يتعـرض الممـارس لهذا النشـاط ـ بغض النظـر عن مسـتوى تلـك الممارسـة ـ إلى ظروف بدنيـة ونفسية ووظيفية غير عادية، كما تعـودنا عـند دراسـتنا لموضـوعـات فـسيولوجـيا الرياضة التـركيز على الاهتـمام بالتأثيرات الإيجابيـة لهذه الممارسة على أجهزة الجسم الحيوية، ومـا تكسبه لها من كفاءة وقدرة تميز الممارس عن غير الممارس للنشاط الرياضى .



ولكن فى خـضم هذه الدراسة، واهتـمام الـعلماء بفـوائد الممارسـة الرياضيـة وإيجابياتها ؛ ظهـرت كثير من الظواهر السلبية التى دعـت إلى استثارة فكر هؤلاء العلماء والبـاحثين للتـعرف على مسـبباتهـا، وهى ـ على سبـيل المثال ـ : الموت المفاجئ أثناء الممارسـة الرياضية، أو الإصابة بالإغـماء أو التشنجات العصـبية، أو الإرهاق المستـمر بعـد الممارسة، ومـا شابه ذلك من ظواهر تبـعد عن فكر هؤلاء الباحثين والعلماء، ولكنها ـ فى نفس الوقت ـ تثير فيهم الرغبة فى العلم والمعرفة،

هذا بالإضافة إلى تغير وجهة النظر فى الأكسجين الذى يتنفسه الرياضى أثناء ممارسته الرياضية، فلقد أوضحت الدراسات أنه كما يعيش الإنسان بهذا الأكسجين، يمكن أن يموت أيضا به (٥) .

فقد أمكن التوصل إلى أن هذا الأكسجين هو المسبب الرئيسى فى تكوين الشقوق الطليقة، فهو يؤكسد الخلايا العضلية ويمكن أن يدمرها؛ ولذلك ظهر نوع آخر من الأبحاث التى تناولت البحث عن كيفية مقاومة هذه الأكسدة، وانتهت الدراسات - مؤخرا - من تحديد بعض المواد التى تقاوم تكوين الشقوق الطليقة، ولكنها ما زالت فى إطار البحث، من أجل التعرُّف على المركب أو العنصر الأكثر تأثيرا وفاعلية فى مقاومة تلك العملية الضارة، وخاصة أنها قد اتهمت هذه الشقوق الطليقة بأنها مسببة لأكثر من ٦٠ مرضا، تبدأ بنزلات البرد، وتنتهى إلى الشيخوخة، ونقص المناعة، والسرطان، وغيرها (٢٢) .



وعلى الرغم من ذلك ؛ لم نتنبه - نحن فى جمهورية مصر العربية - لهذا الموضوع إلا منذ ثلاث سنوات أو أربع سنوات، حين بدأ بالكتابة فى هذا الموضوع بعض علمائنا فى مجال فسيولوجيا الرياضة بصفة خاصة، وهم : الدكتور أبوالعلا عبد الفتاح، والدكتور فاروق عبد الوهاب، عامى : ٩٨/٩٩ كروَّاد فى هذا المجال (١) (٥) .

منذ ذلك الحين بدأ جيل من الباحثين فى دراسة هذا الموضوع، ولكن من منظور لم يستفيدوا فيه ممن سبقهم بالبحث على المستوى العالمى، أو من علمائنا الذين تناولوا هذا الموضوع، وعلى الرغم من أنه لا يخلو مقال أو دورية علمية أو مجلة رياضية علمية إلا وتشتمل على بحث أو أكثر عن الشقوق الطليقة أو الجذور الحرة ومضادات الأكسدة، إلا أنه ـ رغم ذلك ـ لم تُجْرَ فى مصر سوى أربع رسائل علمية فقط حتى إعداد هذه الدراسة، سلكت جميعها خطا واحدا فى البحث، بل إن تلك الدراسات تعدُّ تكرارا لأبحاث خلصت إلى نتائج مماثلة لما انتهى إليه الباحثون، إضافة إلى تناولهم لمتغير كيميائى واحد فقط من دلائل الأكسدة يعد متغيرا ضعيفا كدلالة على الأكسدة، إضافة إلى ندرة المراجع العربية بهذا الخصوص، فضلا عن أنه تم مؤخرا التوصل إلى تفصيل دقيق لمراحل وأنواع التكوين للشقوق الطليقة، وأيضا تم التوصل إلى تصنيف مضادات الأكسدة بشكل أكثر تفصيلا تبعا لطبيعة عمل كلٍّ منها .

من هنا تأتى أهمية هذا الموضوع، فهو بالنسبة للباحثين مجال خصب للبحث والدراسة، أيضا بالنسبة للممارسين، فهو فى غاية الأهمية حيث يجب أن تتوفر تلك المعلومات لكافة الممارسين للنشاط ؛ حفاظا على أنفسهم، أما بالنسبة للمدربين فلا بدَّ من وضع موضوع الشقوق الطليقة فى اعتبارهم، وأن هناك حدودا فسيولوجية يجب أن تتوقف عندها عملية زيادة الأحمال البدنية، وأن فترات الراحة البينية بين الوحدات التدريبية فترات فى غاية الخطورة، ويجب أن نوليها اهتماما خاصًا ؛ حتى يتسنى لهم بناء البرامج التدريبية بالصورة التى تحقق الهدف المخطط للوصول إليه بأمان، فإهمال المعرفة سوف يؤدى إلى صعوبة إعداد البطل الرياضى بصفة خاصة، وإلى قصر العمل الرياضى للممارسين، وهذا ما سوف يتم تناوله فى هذا الكتاب .

**تأريخ علاج الأكسجين :**

منذ عام : ١٨٩٦ ، وهناك العديد من التجارب التى تعمل على فحص وتحليل واستعمال الأكسجين بأشكاله المختلفة، ومنذ أن قام المهندس الكهربائى نيقولا تيسلا Nikola Tesla، وهو كرواتى الجنسية باختراع لمولد أوزون ساعد الكثير من

الأطباء فى الحصول على نتائج باهرة فى كثير من علاجاتهم، ولكن ظهرت بعض العيوب فى هذا الجهاز ؛ مما دعى فى الثلاثينيات إلى وقف استخدام جهاز تيسلا ؛ بسبب تآكل الأنابيب المطاطية بالجهاز نتيجة تفاعلها مع الغاز المُنتج، إلا أنه ـ عن طريق معالجة الأكسجين ـ تم التوصل إلى معالجة الكثير من الأمراض أيضا، فقد تم التوصل فى عام : ١٩١٣ إلى تكوين الجمعية الشرقية لعلاج الأكسجين The Eastern Association For Oxygen Therapy، وقد تم ذلك عن طريق الدكتور بلاس بالمشاركة مع بعض الشركاء الألمان، فى عام : ١٩٢٧ قام الدكتور بلاس بتطوير علاج الأكسجين، وتوصل إلى مقاومة أنواع مختلفة من الطفيليات، وفى عام : ١٩٣١ فاز العالم أوتو واربرج Otto Warburg بجائزة نوبل الأولى عن اكتشافه لإخراج إنزيم تنفس الخلية والثانية عام : ١٩٤٤ ؛ لاكتشافه تحويل الهدروجين إلى إنزيم بيروكسيد الهيدروجين واعتباره المسبب الأول والأساسى للسرطان، ومنذ ذلك الحين زاد الاهتمام بالأكسجين كمسبب أساسى للعديد من الأمراض، والكثير من التلفيات التى تحدث فى خلايا الكائنات الحية .

**ماهية الشقوق الطليقة Free Radicals :**

بدايةً . . يجب أن تكون واثقا فى أن العدو الحقيقى لممارس النشاط الرياضى بكافة مستوياته هو تكوين الشقوق الطليقة، فى حالة عدم التنبه لهذا التكوين، وأيضا عدم العمل على مقاومة هذا العدو .

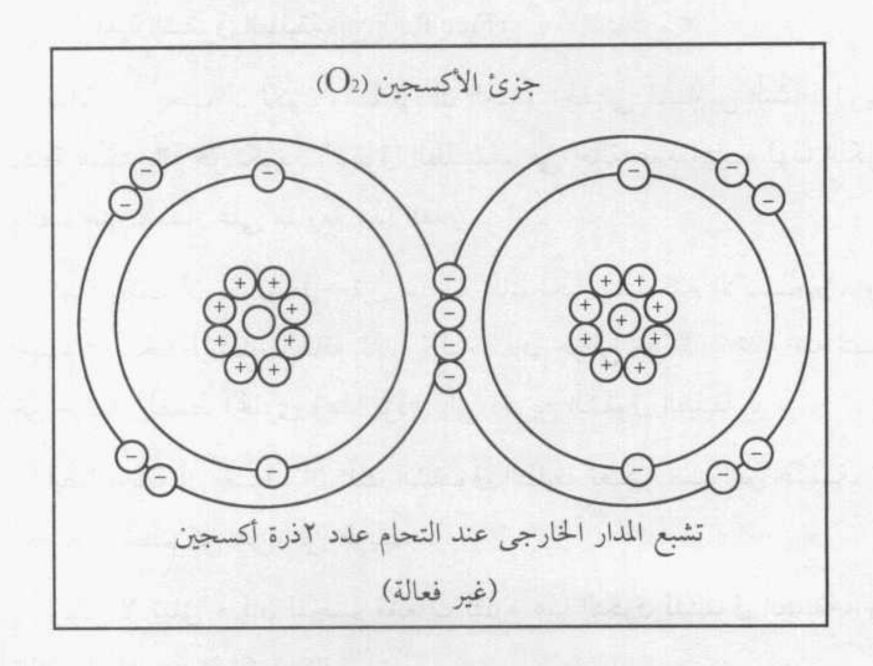
كما يجب أن نكون على يقين من أنه طالما نحن نستخدم الأكسجين، ويقوم الجسم بمعالجته لإنتاج الطاقة اللازمة له، فإن حوالى من ٢ : ٥ ٪ منه تتسرب خارج نظام الضبط الخلوى وهذا يؤدى إلى تكوين الشقوق الطليقة .

أيضا يجب أن نعرف أن تلك الشقوق الطليقة تعتبر صواعق عنيفة، تدمر الخلايا، وتحطم كل شىء فى طريقها .

ولكن لا تقلق ؛ فإن للجسم مانعات تقاوم هذا التكون للشقوق الطليقة، ولكن تلك المانعات قد لا تكون كافية .

وهنا يجدر بنا أن نوضح بشكل مبسط مفهوم هذا التكوين، فمثلا إذا قطعت تفاحة وتركتها فى الهواء ؛ بعد فترة ستجد أن سطح هذا القطع للتفاحة قد أغمق لونه، أو لو تركت قطعة حديد معرضة للهواء دون طلاء فسوف تصدأ، هذا الاسمرار للتفاحة ـ أو الصدأ للحديد ـ المسئول عنه هنا هو تعرضه للهواء الجوى أو للأكسجين الذى يعتبر المسئول عن هذا التغير، ونحن ـ وبدون أن ندرى ـ تتعرض خلايا جسمنا إلى مثل هذه العملية من الأكسدة ؛ فتصدأ كما يصدأ الحديد؛ نتيجة تكوُن الشقوق الطليقة، والتى يمكن أن تتكون أيضا نتيجة للعوامل البيئية، مثل : الأدخنة، والإشعاعات، والمبيدات الحشرية، والتعرض للأشعة فوق البنفسجية، أيضا يمكن أن تتكون نتيجة التغذية التى يتناولها الفرد، مثل تناول المشروبات الروحية، أو تناول الزبد النباتى، أو الشيكولاتة أو غيرها ؛ ولذلك وجب علينا أن نتعلم كيف نحمى أنفسنا ضد ضرر دمارها ذاتيا .

تخيل أنك تجلس على مقعد هزاز فى غرفتك فى يوم بارد ونار خشب جميلة دافئة تحترق فى موقدك تشع الدفء والشاعرية على جلستك، ولكن دون أن تنتبه



تشبع المدار الخارجى عند التحام عدد ٢ذرة أكسجين

(غير فعالة)

تتطاير من موقـدك من حين لآخر ذرات مشتعـلة تسقط على سجادتك ؛ فـتحرق قطعة صـغيرة منها وأنت أيضـا لا تشعر، ومع مرور الأيام والأشـهر والسنوات ؛ ستـجد سجادتك لا تكون رثـة فقط، ولكنك ستجـد الوسادة المطاطية والأرضـية تصبـحان مكشـوفتين والأضـرار كبـيرة، هذا فـعلا مـا يحدث داخل أجسـامنا، والسجادة الرثّة هى المرض الذى أصاب تلك الخـلايا، وليكن معلوما أنه ليست كل الشقوق الطليـقة ضارة، ولكن بعضهـا له دور هام وحيوى، ويقوم بوظيفة مـفيدة للجسم، ولكنهـا تنـتج بطـريقة طبـيعية عـابرة، مثل تلك المنتـجة بخـلايا الدم البيضاء ؛ لتحـطيم الفيروسات والبكتـيريا، وهذا ما سوف نتنـاولـه بالتفصيل فى الفصـول التاليـة ؛ إذ المفهوم العام والأساسى للشقوق الـطليقة : أنها ذرة أو ذرة فى جزىء لها واحد أو أكثر من الإلكترونات غـير المزدوجة فى مداراتها الخارجية، وهى قادرة على التواجد المستقل فى هذه الصورة غير المزدوجة، وعدم التزاوج هذا يجعلـها شديدة الشـره للتفـاعل مع المواد الأخرى ؛ مما يجـعلها تحـاول استـعادة الإلكترون المفقود، وبذلك تسبب تلفا للأنسـجة والخلايا، كما هو موضح بالرسم بالنسبة لجـزىء الأكسجين، والذى يتواجـد فى صورة جزىء لسبب وحـيد أن كلا من ذرتيه عبـارة عن شق طليق فيتفاعـلان ؛ لكى يكونا جزيئا أكثر اسـتقرارا (١) (٧٢) (٣٧) (٨١) .

وسوف نتناول التفصيلات الكيميـائية لتكون الشقوق الطليقة، من حيث الأنواع والمصادر ؛ تمهـيدا لبدء التـعامل معهـا بفهم ودقة ؛ بهـدف المزيد من تطويع تلك الشقـوق الطليقة حتى لا تكون مـعوقا للتـقدم بالمستوى الرياضى للاعـبين، أيضا بهدف فتح مجال للبحث العلمى بتفاصيل أكثر وضوحا .

# الفصل الثانى

## أنواع الشقوق الطليقة



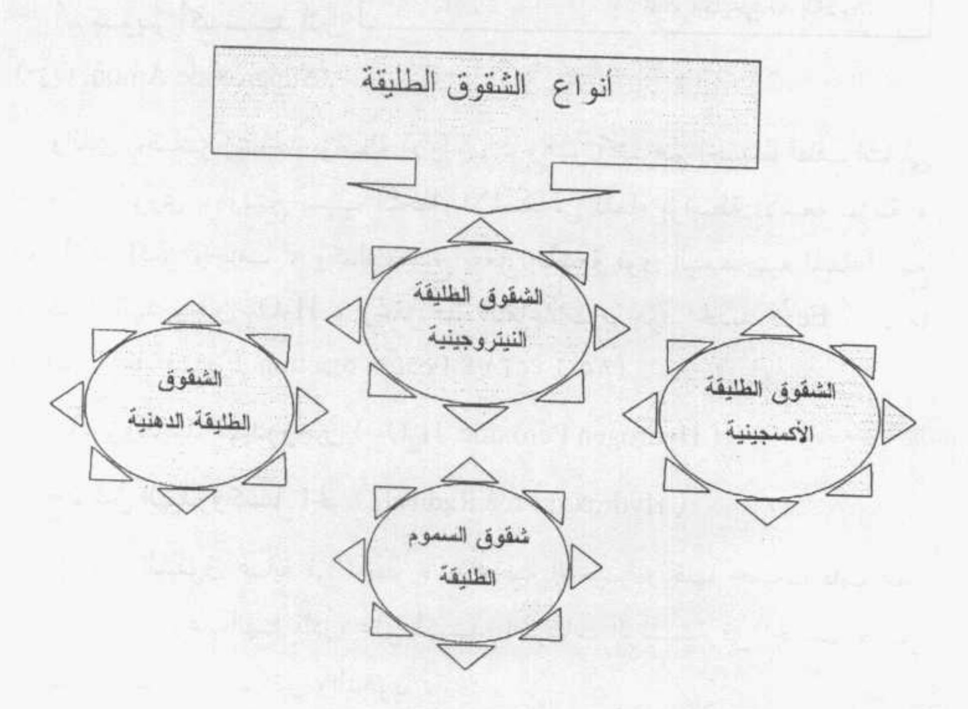

- مصادر الشقوق الطليقة.
- مضار الشقوق الطليقة .
- تكوين الشقوق الطليقة أثناء التدريب الرياضى.

## أنواع الشقوق الطليقة ومصادرها :

( Types of Free Radicals & Their Sources )

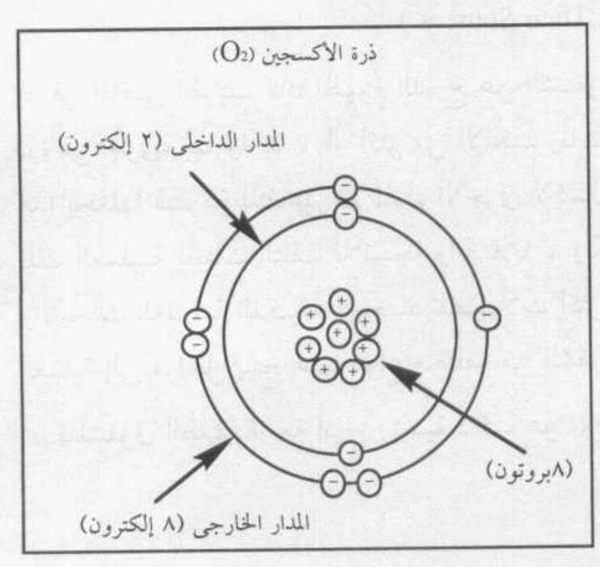
فى الماضى القريب كان المفهوم الدارج عن الشـقوق الطليقة هو : وجود ذرة أو ذرة فى جزىء لها واحد ، أو أكثر من الإلكتـرونات غير المزدوجة ، عدم التزاوج هذا يجعلها شـرهة للتفاعل مع المواد الأخرى لإكمال عـملية المزاوجة ، وفى أثناء تلك العمليـة يحدث التلف للأنسجة والخـلايا ، ولكن بعد تقدم التقنيـات الحديثة والأبحاث العلمـية الدقـيقة لإيجـاد تفصيـلات أكثر دقـة عن هذه المرحلة أو تلك العملية إلى مراحل ينتج عنها أنواع مختلفة من الشقوق الطليقة (٥٣) (٣٧) .

فللشقوق الطليقة أربعة أنواع رئيسية ـ كما هو موضح بالشكل التالى :



## ١ ـ الشقوق الطليقة الأكسجينية :

: ( Reactive Oxygen Species or Oxygen - Derived Free Radical)




أثناء عملية التنفس فإن الأكسجين يتم اختزاله[١] تدريجيا إلى الماء ، وذلك بعملية منضبطة تستهلك أربعة إلكترونات ، بعد الاختزال بالإلكترون الأول أو الثانى أو الثالث ، فقد تتكون شقوق طليقة هى على التوالى كالتالى .

**أ ـ سوبر أكسيد أنين**

:(Superoxide Anion, $O_2^-$)

والذى يحفز إنتاجه بواسطة الأوزون ، وهو أكثرهم إحداثا لطفرات فى الحامض النووى ، وينتج بسبب التحلل الإشعاعى للماء بواسطة الأشعة المؤينة ، مثل أشعة إكس وجاما ، وكذلك ينتج بفعل الأشعة فوق البنفسجية المتفاعلة مع بروكسيد الهدروجين $H_2O_2$ ، وتحفز هذه التفاعلات بوجود الحديد $Fe^{2+}$ ، وهو ما يعرف بتفاعل فنتون ( Fenton reaction ) (٥٣) ( ٨٥) .

**ب ـ بروكسيد الهيدروجين** ( Hydrogen Peroxide, $H_2O_2$ ).

**ج ـ شق الهيدروكسيل الحر** ( Hydroxyl Free Radical, ).

كل هذه الشقوق غاية فى الخطورة ، خاصة الأخير ولكنها جميعا ذات عمر قصير جدا ، رغم أنها قادرة على أكسدة الجزيئات الرئيسية فى الجسم ، مثل الأحماض النووية والبروتين والدهون .

---

(١) تفاعل الأكسدة يعنى نقد الجزىء إلكترونات وعلى العكس تفاعل الاختزال يعنى اكتساب الجزىء إلكترونات ،وهما تفاعلان مترابطان فلا يختزل الجزىء إلا عندما يتأكسد جزىء آخر أولاً .

د ـ الأكسجين الذرى ($Singlet Oxygen, {}^1O_2$).

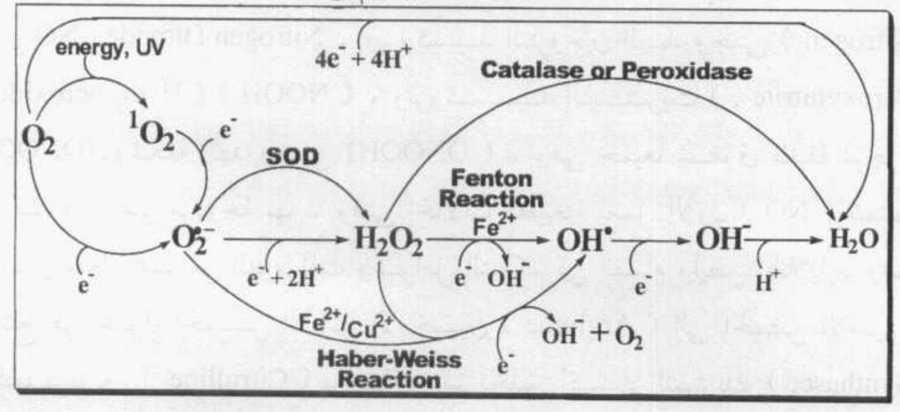
وهو مـؤكـسد قـوى للدهون ، وينـتج بسبـب إعـادة ترتيب الإلكتـرونات فى جـزىء الأكسـجين ، والذى يحفز بالأشعـة فوق البنفسجـية والأدويـة التى تزيـد الحسـاسية للضوء والمحـفزات الداخلية ، مـثل : صبغة الدم الحـمراء ( Heme ) (٥٣) .

ـ تسبب الشراهة التـفاعلية للشقوق الطليـقة الأكسجينيـة ، محدودية فى دائرة تأثيرهم الضار فى الخلية التى هى عرضة لهـذا التأثير الضار ، وخاصة الدهون فى الغشاء الخلوى والمركبات البروتينية والإنزيمات والأحماض النووية ، وعيوب الأخير ( الأحمـاض النووية ) أنها تؤدى إلى طفـرات ينتج عنها موت الخـلايا أو أمراض المناعة الذاتية أو السرطان .

والشقوق الطليقة للأكسجين تتسرب بصفة منتظمة من نظم إنزيمية عديدة ، مثل السلسلة التـنفسـيـة بالميـتـوكندريا Mitochondrial Respiratory Chain ، وإنزيم السيتوكروم بى ٤٥٠ ( Cytochrome P450 ) فى الشبكة الإندوبلازمـيـة وإنزيمـات الأكسـدة ، مثل أكسـدة الأكزانسين (وXanthine Oxidase ) ، وإنزيمات أكـسدة الأمينات الأحادية ( Monoamine Oxidase ) ، ويوضح الشكل التالى جميع هذه الشقـوق وخطوات تكوينها ، وبعض طـرق التخلص الآمن منهـا داخل الجسم ، ومـن خلال ما هو مخزن ومنتج داخليا (٥٣) (٦٤) (٦٣) (٧٩) .

شكل ( ١ )

السلسلة التنفسية أو السيتوكروم بى ٤٥٠



فمن هذا الشكل يتضح التسلسل الطبيعى لتحول جزىء الأكسجين إلى الشقوق الأكسجينية المختلفة ( الأكسجين الذرى $^1O_2$ـ سوبر أكسيد أنين $O_2^{\cdot-}$ ، وبيروكسيد الهدروجين $H_2O_2$ ، وشق الهيـدروكسيل الحـر ( $OH^{\cdot}$ ) ، فى وجود الحـديد ($Fe^{2+}$) ، والنحاس ( $Cu^{2+}$ ) ، حتى يصل إلى الصورة المائية الآمنة ( $H_2O$ )، وبعض المضادات الطبيعية للأكسدة وكيفية مقاومة الشقوق الطليقة ، مثل : السوبراكسيدديسميتيز ، وإلكتاليز ،والبيروكسيديز Peroxidase( Catalase and SOD, ) (٥٢) ، بمعنى أن الأكسجين المتسرب خارج السلسلة التنفسية ، والذى يقدر بحوالى : ٤ ٪ ٥٪ ، لا بدًّ أن يتحول إلى مـاء كالذى لم يحدث له التسرب من داخل السلسلة التنفسية ، فيحتاج هذا الأكسجين إلى أن يختزل بواسطة إضافة إلكتـرون إلى هذا الجزىء الذى يـتحـول فى عمليـة الاخـتزال الأولى إلى سـوبر أكسيدانين $O_2^{\cdot-}$ ، ثم يختزل أيضا ليتحول إلى بروكسيد الهيدروجين $H_2O_2$ الذى يعد وجوده محفزا لعمل الإنزيمات المضادة للأكسدة ، مثل : SOD ، وإلكتاليز ، والبروكسيدز التى هـى إنزيمات طبيعية مقاومة للأكسـدة، ولكنها لا تعمل إلا بعد تكون $H_2O_2$ ، بعد ذلك ، وفى وجود الحديد الحر يتحـول إلى الهيدروكسيل الحر $OH^{\cdot}$ الذى يعتـبر أحـد أخطر الشقـوق الطليقـة المتكونة فى هذه المرحلة ، والذى يختزل أيضـا ليتحول إلى أيون الهيـدروكسيل الآمن $OH^{\cdot}$ ، وبإضافة الهدروجين يتحول الأخير إلى الماء $H_2O$ .

**٢ ـ الشقوق النتروجينية الطليقة ( Nitrogen Oxides ):**

وتشمل على أكسيد النيتريك ( Nitric Oxide , No ) ، وثانى أكسيد النتروجين ( Nitrogen Dioxide ( $NO_2$ ) ، وبروكسيـد النتروجين الهـدروجينى ( Nitrogen Hydroperoxide ) ( NOOH ) ، وبروكسـيـد النيـتـريت ( Peroxynitrite , ONOO)،وشكله الهدروجينى (ONOOH ) ، وهى جميعا شـقوق طليقة لوجود إلكترونات غير مزدوجة بها ، وفـى الحالات الطبيعية يعمل الأول ( NO ) كمنفذ ثانوى لفعل عدد من الهرمونات وعـوامل التحكم فى انقسام وأيض الخلايا ، وهو ينتج من تحـول الحمـض الأمينى الأرجـينين ( Arginine ) إلى الحمض الأمـينى السيـتريولين ( Citrulline ) بواسطة إنزيم تخليق أكـسيد النيـتريك ( Synthase,

NO) ، وهو عامل مختزل ضـعيف لكن إنتاجه بكمية كبـيرة جدا ، مثل حالات الإصابات البكتيـرية الحادة ، والتى تسبب انخفاض ضغط الدم المصـاحب للتسمم الدموى بالبكتيريا وارتفاع درجة الحرارة ، فـهو يتفاعل مع الأكسجين ؛ لينتج ثانى أكسيـد النتروجين ( $NO_2$ ) الذى ينتج كذلك من الاحـتراق غيـر الكامل للوقود والمواد العضوية ، كمـا يوجد بكميات كبيرة بدخان السـجائر ويتفاعل مع الدهون فى غشاء الخلية ، مسببا تولد أكاسيد الدهون الفوقية ، وإنتاج بيروكسيد النتروجين الهدروجينى ( NOOH ) ، وكذلك فـإنه يتفـاعل مع سوبر أكسيـد أنين مـعطيا بروكـسيـد النيـتريت ، وهو الأكـثـر خطورة ، والذى يتـحلل ثانيـة معطيـا شق الهيدروكسيل الحر (٥٣) (٤٢) .

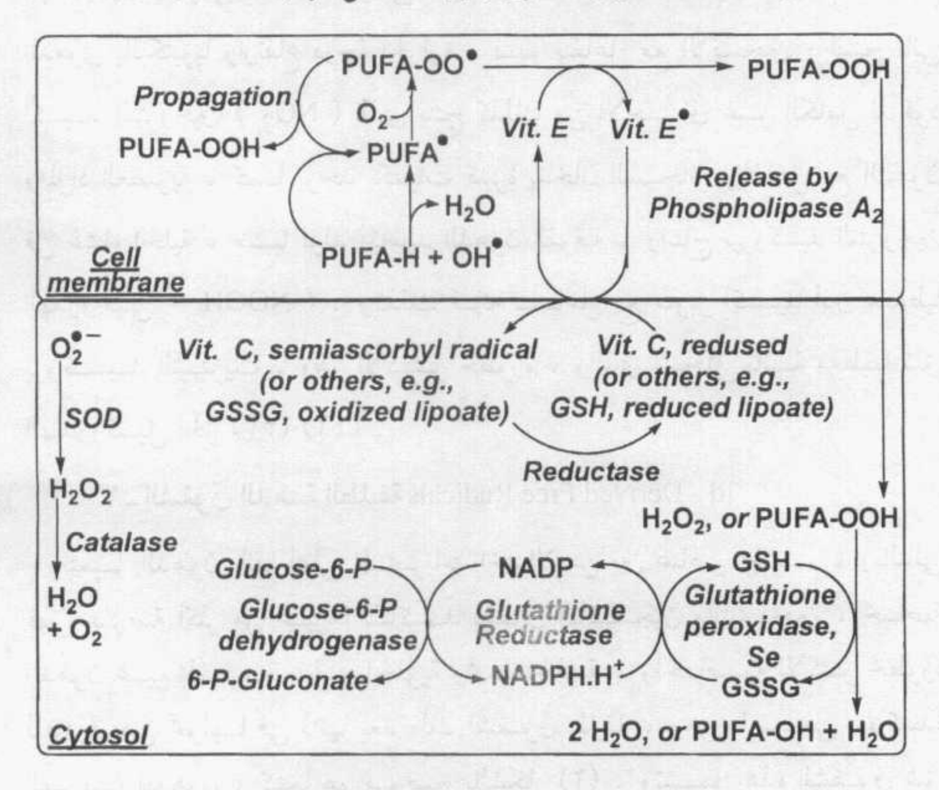
### ٣ ـ الشقوق الدهنية الطليقة Id - Derived Free Radicals

تتميـز الدهون بأنها أعلى المستـويات اختزالا من بين عناصر الجـسم ، وبالتالى فهى عـرضة أكثر من غـيرها للتأكسـد بشقوق الأكـسجين والنيتروجين ، خـاصة الدهون غـير المشـبعـة بالجدر الخلوية وتحت الخلوية ، والخـاصيـة الأكـثر خطورة للدهون هى تحولهـا فى ذاتها بعد ذلك لشقـوق طليقة ، وهو ما يسـمى بالأكسدة الفـوقيـة للدهون ، كـما هو مـوضح بالشكل (٢) ، وتشـمل هذه الشقـوق شق الدهون الحر ( $L^O$ ) وبيروكـسيـد الدهون الحر ($LOO^O$) ، وبيروكسـيد الدهون الهدروجينى ( LOOH ) ، والأخيـر يتفاعل مع الأكـسجين فى وجـود الحديد ؛ ليـعطى شق الإيبـوكـسـى الليليك بيـروكـسـيـد ( $OLOO^O$ , Epoxy Allylie Peroxide) الذى يؤكسـد الدهون ويتحـول إلى شكله الهدروجـينى (OLOOH)، وجميـعها ذات تفاعـلية أقل حدة من الشقـوق سالفة الذكر ، ولكن ذلك يعطـيها عمرا أطول كثـيرا مسببا ضررا أكبـر ، وفى دائرة أوسع من بؤرة حدوث الأكسدة خاصة للأحماض النووية ، منتجا طفرات (٦٣) (٣٧) ( ٧٩) .

ويوضح الشكل التالى خطوات الأكسدة الفوقية للدهون ، وكيفية التخلص منها بمضادات الأكسدة المختلفة فى غشاء وسيتوبلازم الخلية (٥٣) .

شكل ( ٢ )

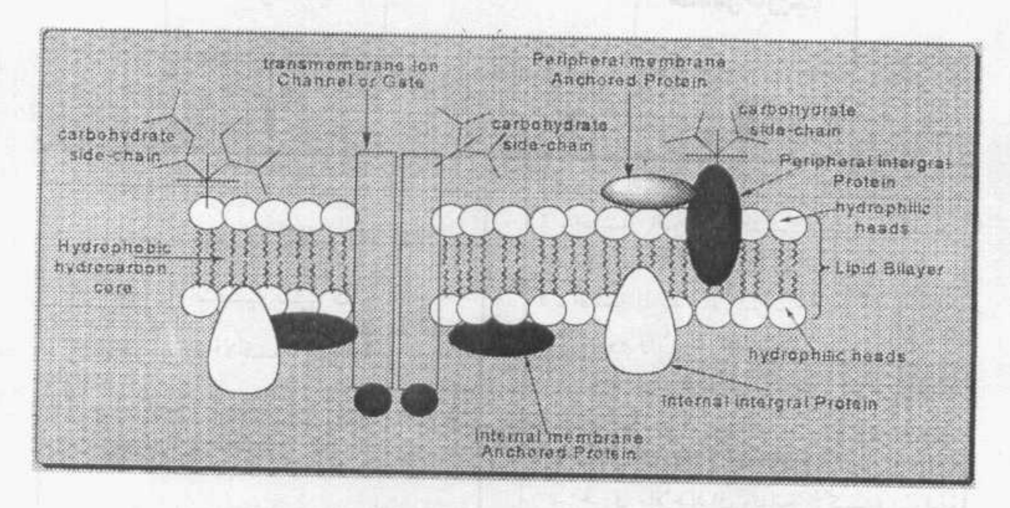
خطوات الأكسدة الفوقية للدهون وكيفية التخلص منها بمضادات الأكسدة




حيث يستخدم فيتامين E فى وقف تفاعل السلسلة الجهنمية لأكسدة الدهون داخل الخلية ، ويحولها إلى السيتوبلازم كشقوق دهنية غير ضارة ومن السيتوبلازم يعاد تجديد فيتامين E مرة أخرى لصورته الأولية النشطة (٢٤) بمعنى أن العمليات التى تتم فى غشاء الخلية لها هدفان أساسيان : الأول : هو وقف التسلسل الجهنمى لشق البيروكسيد الدهنى المتكون من المرحلة السابقة ، والهدف الثانى : هو تحويل هذا الشق الحر إلى هيدروجين بيروكسيد الدهون ، وهو شكل آمن ، وتتم هذه العملية عن طريق تدخل فيتامين E لوقف هذا التسلسل الذى لا ينقطع، ولكنه يتحول فى ذاته إلى شق طليق يتم التخلص منه عن طريق تدخل فيتامين C الموجود فى سيتوبلازم الخلية ، الذى تتم بها عملية التخلص من الشقوق الطليقة التى تكونت عن طريق تفاعلات الجلوتاثايون بروكسيدز المؤكسد والمختزل ،

وغيرها من العناصـر الموضحة بالشكل ؛ ليكون المحصلة النهائيـة من هذا التفاعل الماء وكحول والدهون الآمنة .

**شكل ( ٣ )**




ويوضح الشكل (٣) المكونات المختلفة لغشاء الخلية ، مـبينا الوريقة الخارجية بما فيهـا من دهون وبروتينات مسكرة ، وكذلك الوريقة الداخليـة بما تحتوى من دهون وبروتينات غشائية ومعلقة ، وأهم هذه التركـيبات المعرضة للأكسدة هى الدهون ؛ حيث إنها أكـثرها اختزالا ، رغم أن المكونات الأخرى معـرضة للتلف أيضا (٥٤) (٧٧) .

### ٤ ـ شقوق السموم الطليقة Xenobiotic Free Radicals :

معظم المواد الـسامة والمطفـرات والمسرطنات الكيـميائيـة وبعض الأدوية تدخل جسم الإنسان من البيـئة ، وتنقلب داخله أثناء الأيض المعادل لسميتـها إلى شقوق طليقة قـد تدخل هذه السموم الجسم جاهزة فى شكل شـقوق طليقة مبـاشرة أيضا (٣٧) (٤٢) .

وسوف نتناول المصـادر المسببة فى تكوين تلك الشقـوق الطليقـة فى الجسم ، سواء كـانت مصادر داخليـة أو مصادر خارجـية ، يتعـرض لكثير منهـا الشخص الرياضى ، خلال الممارسة الرياضية وتلك المصادر موجزها فى الشكل التالى :

## مصادر الشقوق الطليقة فى الخلايا

**Sources of Free Radicals Within Cells :**




**مصادرداخلية**

١ ـ سلسلة السيتوكروم بى ٤٥٠ الخاصة بالشبكة الأندوبلازمية .
٢ ـ سلسلة التنفسية بالميتوكندريا .
٣ ـ جسيمات الأكسدة الفوقية .
٤ ـ إنزيمات الأكسدة وإضافة الأكسجين .
٥ ـ خلايا الجهاز المناعى المنشطة .
٦ ـ تفاعلات الأكسدة الذاتية .
٧ ـ التفاعلات المحفزة بالعناصر الانتقالية الحرة .

**مصادرخارجية**

١ ـ دخان السجائر .
٢ ـ استنشاق الهواء ذى التركيز الأعلى من الطبيعى
٣ ـ المواد ذات الأكسدة والاختزال الرجعى .
٤ ـ الأشعة المؤينة : ( إكس ـ جاما ) .
٥ ـ السموم والأدوية المؤكسدة .
٦ ـ الأشعة فوق البنفسجية للشمس ، ومن المصادر الصناعية .
٧ ـ ضربات الشمس والصدمات الحرارية .
٨ ـ الحروق والاحتراق ونواتج الأكسدة الفوقية للمواد الغذائية أثناء الطهى .
٩ ـ السموم الشرهة لمجموعة SH ، والتى تستهلك الجلوتاثيون .
١٠ ـ الاحتراق غير الكامل للوقود والمواد العضوية
١١ ـ مثبطات تصنيع الجلوتاثيون .

**١ ـ مصادر داخلية Endogenous Sources :**

ـ سلسلة السيتوكروم اكسيديز الخاصة بالميتوكندريا (Mitochondrial Oxidases Cytochrome ) ، وهى تعطى الشقوق الأكسجينية .

ـ سلسلة السيتوكروم بى ٤٥٠ ( Cytochrome P450) الخاصة بالشبكة الإندوبلازمية ، وتعطى جميع الشقوق الأكسجينية .

ـ جسيمات الأكسدة الفوقية البروكسيسوم ( Peroxisome ) ، والذى يعطى بروكسيد الهدروجين ( $H_2O_2$ ) .

ـ إنزيمات الأكسدة وإضافة الأكسجين ، وتعطى جميع شقوق الأكسجين والدهون ، مثل إنزيم أكسدة الزانثين والجلوكوز (Glucose Oxidase ) وأحاديات

وعديد الأمين ( Polyamine Oxidase ) والمؤكسد الزوجى للتريتوفان ( الحامض الأمينى للتريبتوفان Tryptophan Dioxygenase ) والأندول أمين (Indole Amine Dioxygenase ) وكذلك إنزيمات الأكسدة التخليقية ، وتنتج جميعها بيروكسيد الهدروجين وسوبراكسيدانين وشق الهيدروكسيل الحر وبيروكسيدات الدهون ( $H_2O_2$ , $O_2^{\cdot-}$ , $HO^{\cdot}$ , Lipid Peroxises) .

ـ خلايا الجهاز المناعى المنشطة ، وهى تنتج شقوق الأكسجين وحمض الهيبوكلورس (HOCL) وبيراكسيد النيتريت (Activation of Cells of Immune System Oxidase ) ( Utilize NADPH ) .

ـ تفاعلات الأكسدة الذاتية ، مثل : الحديد والأدرينالين (Auto Oxidation Reactions, $Fe^{2+}$ , Epinephrine ) ( e . g ) .

ـ التفاعلات المحفزة بالعناصر الانتقالية (Transitional Metals ) ، مثل : الحديد والنحاس ، والتى تحفز إنتاج شق الهيدروكسيل الحر وسوبر أكسيد الأنين ($O_2^{\cdot-}$) .

**٢ ـ مصادر خارجية** Exogenous Sources :

ـ دخان السجائر ، وهو يحتوى على الأربعة أنواع من الشقوق الطليقة سالفة الذكر .

ـ استنشاق الهواء المحتوى على الأكسجين بتركيز أكبر من الطبيعى Hyperoxia .

ـ المواد ذات الأكسدة والاختزال الرجعى ، مثل : المينادايون صورة من فيتامين ك Menadione ، والمضادات العشبية ( Herbicidal ) ، ومضادات السرطان ، مثل : الأدرياميسين والميتوميسين ( Adriamycin and Mitomycin C ) .

ـ الأشعة المؤينة إكس ـ جاما (X - And y - Rays ) .

ـ السموم والأدوية المؤكسدة ، مثل : الجرعات الكبيرة من البارسيتامول ( أدوية للرشح وتخفيض الحرارة Paracetamol )، ورباعى كلوريد الكربون( $CCL_4$ )،

وكـذلك السمـوم والأدوية المحفـزة لإنزيم السيـتوكـرم بى ٤٥٠ ( Cytochrome P450) .

- الأشعة فوق البنفسجية للشمس ( UVRays ) ، ومن مصادرها الصناعية .

- ضربات الشمس والصدمات الحرارية Heat Shock .

- الحروق ( الاحتراق ) ، ونـواتج الأكسدة الفوقية للمـواد الغذائية أثناء الطهى Burns and Burning Reactions .

- السموم الشرهة لمجموعة السلفهيدريل ( Compounds Sulfhydryl ) ، والتى تستهلك الجلوتاثيون ( GSH ) وتعطب إنزيمات كثيرة .

- الاحتراق غير الكامل للوقود والمواد العضوية Incomplete Ignition .

- مـثـبطات تصنيـع الجلوتاثيـون Inhibitors of GSH Synthesis (٥٣) (٤٥) (٤٦) .

**وتنقسم مضار الشقوق الطليقة إلى ثلاثة أنواع هى :**

١ - الضرر الواقع على الحامض النووى ( DNA ) ، والذى يؤدى إلى طفرات تؤدى إلى موت الخلايا أو تسرطنها أو حدوث أمراض المناعة الذاتية .

٢ - الضـرر الواقع على الـبروتـينات ، والذى يؤدى إلى فـقـد طبـيـعـة هذه البروتينـات ، ومن ثم وظيفتـها أو تحول طـبيعـتها إلى أشكـال جديدة تؤدى إلى أمراض المناعة الذاتية .

٣ - الضرر الواقع على الدهون أو الأكسدة الـفوقية للدهون ، وهى أخطر هذه الأضرار ؛ حيث ينتج عنها شقـوق طليقة ذات شراهة تفاعلية متواضـعة ، تكسبها عمرا أطول وانتـشارا أوسع ، وبالتالى ضررا أعم يشتمل على زيادة سـيولة الجدر الخلوية وتطفر الحامض النووى وما يتبعـه من موت الخلايا أو أمراض المناعة الذاتية أو السرطان (٥٣) (٧٠) (٧٢) .

**كما تسبب الشقوق الطليقة بعض المضار الأخرى ، نذكر منها :**

١ - حدوث الأكسدة الفوقية للدهون فى جدر الخلايا والدم .

٢ ـ تثبيط السلسلة التنفسية للميتوكندريا .

٣ ـ تثبيط العديد من الإنزيمات ، مثل : إنزيم ثلاثى فوسفات الأدنين والصوديوم والبوتاسيوم Sodium -potassium - ATPase على جدر الخلايا .

٤ ـ فقد البروتينات لطبيعتها وتكون انتيجينات جديدة .

٥ ـ طفرات الحامض النووى ، والتى تؤدى إلى موت الخلايا أو تسرطنها .

٦ ـ التثبيط التأكسدى لمجموعة كبيرة من المورثات ، مثل : جين الأنسولين ، وجين إنزيم الجلوكوكينيز والبروتين ( P53 ) المضاد للتسرطن ، وتنشيط إنتاج الإنزيمات المحللة للبروتين ، مثل : الكولاجينيز Collagenase ، والسيتوكينات المحفزة للخلايا المناعية ، مثل : الإنترلوكين ١ ، ٦ ( Interleukin 1 and 6 ) وكذلك إنتاج العامل فاس المنشط لمستقبل موت الخلايا ( Fas Ligand ) وكذلك البروتينات المتحكمة فى امتصاص ونقل الحديد ( Ferritin and Transferrin Re- ceptor ) .

٧ ـ زيادة نشاط الإنزيمات المصاحب لتوتر الأكسدة .

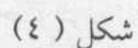
وجميع هذه التغيرات تلعب دورا فى الآلية المرضية الفسيولوجية للصدمات والالتهاب وتلف الأنسجة بعد إعادة الارتواء Reperfusion Injury ، والعديد من الأمراض الأخرى (٥٣) (٣٧) (١٧) .

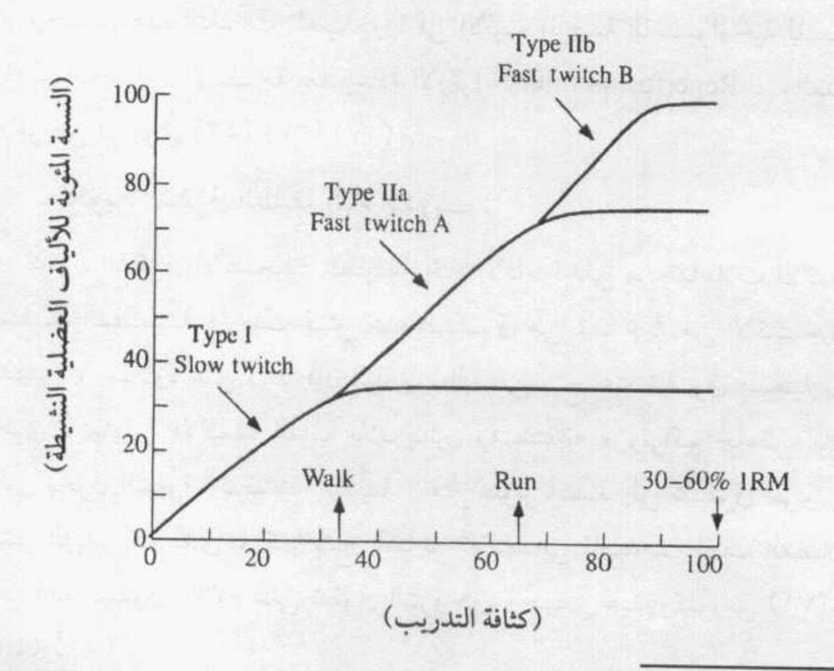
## تكوين الشقوق الطليقة أثناء التدريب :

تتكون الشقوق الأكسجينية الطليقة أثناء الأداء البدنى من تفاعلات الأكسدة فى السلسلة التنفسية ؛ حيث تمثل هذه الشقوق من ٤ ـ ٥ ٪ من الأكسجين أثناء التنفس ، علاوة على ذلك فإن التدريب البدنى ينتج عنه شقوق طليقة بوسائل أخرى ، منها : الأكسدة الذاتية للأدرينالين ومشتقاته ، وتراكم حامض اللاكتيك الذى يحول الشقوق الضعيفة نسبيًا ، مثل سوبر أكسيد إلى شقوق أقوى ، مثل الشق الهيدروكسيدى ، كما ينتج التفاعل الالتهابى المصاحب لتلف العضلات ، مثل هذه الشقوق علاوة على شقوق النتروجين وحمض هيدروكلورس (٧١) (٣٥) (٤١) (٥٠) .

فعـند أداء التدريب البـدنى تزداد حاجـة العضـلات إلى استـهلاك الأكسـجين بحوالى من ١٠ ـ ٢٠ مرة أكثر منها وقت الراحة ، وعلى مستوى العضلة الواحدة يمكن أن يزيد استهـلاك الأكسجين أكثر من : ٢٠٠ مـرة ،وهذه الزيادة الهائلة فى استـهـلاك الأكسـجين تؤدى إلى زيادة شقـوق الأكسـجين الطليـقة كـمخلفـات للأكسجين المتسرب من هذه العملية ، كما أن التغيرات التى تحدث فى دينامية الدم بعد انتـهاء النشـاط البدنى واندفاع الدم بسـرعة للأعضـاء التى جاء منها ( إعادة الارتواء )[١] تؤدى تلك العـملية إلى تكـوين الشقـوق الطليقـة الأكثـر خطورة ، بالإضافـة إلى أن من : ٢ ـ ٤ ٪ تقريبا من عمليـة المعالجة للأكسـجين فى الجسم لإنتاج طاقـة لا هوائية يؤدى إلى تكوين الشقـوق الطليقة ، إضافـة إلى أن ممارسة التمـرينات فى الجو الملوث واستنشاق هـذا الهواء من أسباب تكوين تلك الشـقوق الطليقة (١) (١٢) (٤١) (٧١) (٨٤) .

يوضح هذا الشكل العلاقة بين كـثافة التدريب والنسبة المئوية لـلألياف العضلية النشطة عند معدل : ١٠٠ ٪ من الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين (٢٤) .


شكل ( ٤ )



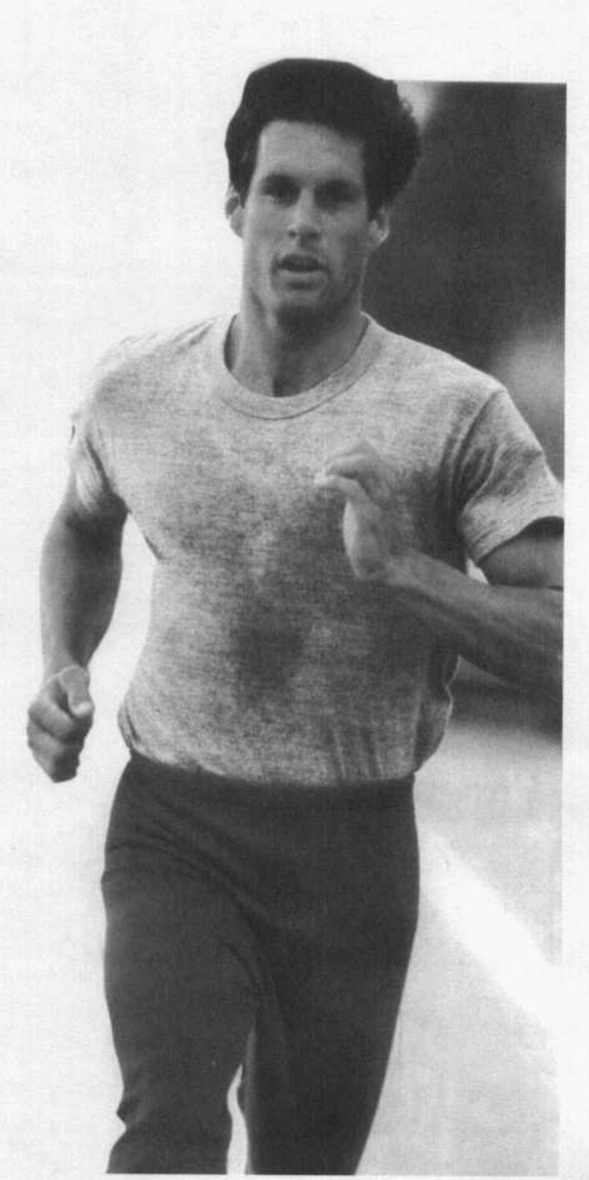

(١) إعادة الارتواء تعنى إمداد أو زيادة إمداد العضلات بالدم عند انتهاء الانقباض العضلى المصاحب للأداء .

حيث إن كثافة التدريب التى تـصل إلى : ١٠٠ ٪ من الحد الأقصى لاستهلاك الأكسـجين ، والذى يمكن أن يستـمر من : ٣ إلى ٨ دقـائق قبل ظهـور التعب ، يتطلب قوة عضلية من : ٣٠ إلى ٦٠٪ ، هذه القوة ليست تظهر من اشتراك عدد أكبر من ألياف العضلة ، ولكن تظهر بزيادة تردد استخـدام الليفة العضلية المشتركة فى العـمل ، وبالتالى فـإن فرص ظهـور نشـاط للشقـوق الطليقـة وتراكم ذرات الأكـسجين الشـاردة تزداد خـلال تمرينات التـحمل ، عندمـا يحـتاج الجـسم إلى معدلات عـالية من الأكسجين ، وعندمـا تتجمع أعداد كبـيرة من هذه الذرات فى العضلات يزيد معدل تلف الأنسجة وتحدث حالة التدريب الزائد (١) (٢٤) .

وبناء على ما سـبق يتضح أهميـة استخدام التـسخين فى بداية جرعـة التدريب حتى تتم عـملية توزيع الدم بشكل تدريجى لا يسمح بزيادة مـفاجئة وسـريعة فى الشقوق الطليـقة، كذلك يزداد استهلاك الأكسـجين أيضا بشكل تدريجى مما يعطى فرصة لمضادات الأكسدة أن تقاوم هذه الزيادة وتمنع أضرارها ، بالإضافة إلى أهمية نقاء الـهواء المحيط بالـرياضى والذى يتنفسـه والابتعـاد عن مصادر تلـوث الهواء المختلفة ، لذلك يراعى أن تكون الملاعب الرياضـية وحمامات السبـاحة بعيدة عن مصادر تلوث الهـواء ، كما أن فتـرات الراحة البينية ودور تمرينات الاسـترخاء فى نهاية جرعـة التدريب يجب عدم إغفـالها حيث إن زيادة تراكم حامـض اللاكتيك بالعـضلات يـزيد من فرص تكويـن الشقـوق الطليـقـة ، بينما تسـاعـد تمرينات الاسـترخاء والمطاطية على اخـتصار فـترة تواجد حـامض اللاكتيك من سـاعة أو ساعتين إلى نصف ساعة إلى ساعة .

# الفصل الثالث

## الشقوق الطليقة ونظم إنتاج الطاقة



- ضغط النشاط البدنى .
- التلف العضلى الناتج عن التدريب الرياضى.
- الألم العضلى المتأخر .
- إعادة بناء العضلات الهيكلية .

## الشقوق الطليقة ونظم إنتاج الطاقة :

تتناسب الكمية المنتجة من الشقوق الطليقة والأكسجينية مع شدة ومدة الأداء البدنى ، وتعد الشقوق الأكسجينية هى الأساس والشقوق الدهنية التابع لها ، فى حين تكون الشقوق النتروجينية شقوقا أساسية ، ولكن تتأخر فى التكوين ؛ حيث لا تنتج إلا بصفة تتناسب تناسبا طرديا مع درجة التلف العضلى من الاستدعاء للخلايا المناعية ، وكذلك فإن إنتاجها يزيد بسبب ارتفاع ضغط الدم الناتج من ضغوط الأداء البدنى على الجهاز الدورى ، حيث تطلق الخلايا المبطنة للأوعية الدموية هذه الشقوق النتروجينية ؛ لكى تؤدى إلى انبساط جدر الأوعية الدموية (٢٤) (٤٥) .

فى مرحلة إنتاج الطاقة وإعادة بناء ثلاثى فوسفات الأدينوزين ATP لاهوائيا بالنظام الفوسفاتى تظل هناك فرصة لإنتاج شقوق أكسجين ، ومن ثَمَّ شقوق دهنية متناسبة طرديا مع درجة تلف العضلات ، ودرجة تسرب حديد الميوجلوبين (Myoglobin) ، وإنزيم الأكزامثين أكسيديز ( Xanthine Oxidase ) ، والتى تتناسب بدورها طرديا مع شدة ونوع التدريب البدنى ( كما هو فى رفع الأثقال )، وكذلك تؤدى هذه المرحلة من إنتاج الطاقة إلى تكوين الشقوق النتروجينية الطليقة بسبب استدعاء الخلايا المناعية لمكان تلف الألياف العضلية ، وكذلك بسبب ارتفاع ضغط الدم (٤٦) .

وتكمن خطورة هذه المرحلة فى فترة الاستشفاء حيث يحدث إعادة الارتواء للعضلات ، وكذلك تراكم حامض اللاكتيك بكمية كبيرة ، وهو المحفز لتكوين الشقوق الطليقة ؛ لذلك فقياس الشقوق الطليقة ، وخاصة فى هذه النوعية من الأنشطة المعتمدة على إنتاج الطاقة من النظام الفوسفاتى ذات الدوام القصير والشدة المرتفعة ، وفى غياب الأكسجين يفضل أن تتم خلال فترة الاستشفاء ، وليس بعد انتهاء المجهود مباشرة (٥٥) .

أما فى مرحلة إنتاج الطاقة ، اعتمادا على نظام حامض اللاكتيك نفسه ؛ حيث إنه من المحفزات لإنتاج الأشكال الأكثر خطورة للشقوق الأكسجينية ، كما يؤدى تلف الألياف العضلية بسبب زيادة تركيز أيون الهيدروجى pH [(١)] إلى تكوين

---

(١) pH هى درجة تركيز الهدروجين فى السائل والتى تتراوح من ١ ـ ١٤ حيث تمثل درجة (١) أقصى حمضية للسائل بينما تمثل درجة ٧ التعادل ما بين الحمضية والقلوية، ثم تصل القلوية إلى أقصى مستواها عند درجة ١٤.

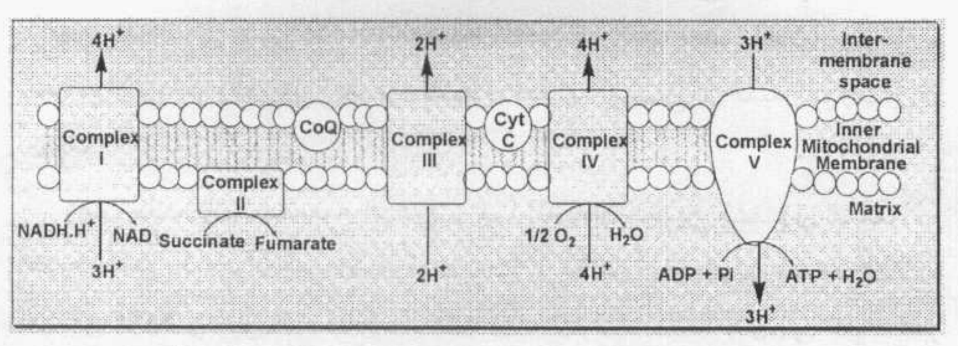
الشقوق الأكسجينية أيضا ، بواسطة تحرر حديد الميوجلوبين وإنزيم أكزانثين أكسيديز المتسربين ، وكذلك الشقوق النيتروجينية بسبب الالتهاب المناعى الموضعى ، ولكن معظم الشقوق الأكسجينية تتكون فى نهاية هذه المرحلة ؛ حيث يتم إعادة ارتواء العضلات بتيار الدم المحمل بمستوى أعلى من الأكسجين ، والذى يؤدى إلى تكوين وإنتاج هذه الشقوق فى شل دفقات حادة (٥٥) .

أما فى مرحلة إنتاج الطاقة اعتمادا على النظام الأكسجينى ، فإن المصدر الرئيسى للشقوق الأكسجينية هى السلسلة التنفسية ، حيث يتكون عنها جميع أنواع الشقوق الأكسجينية ، والتى تنتج بالتالى الشقوق الدهنية ، وخاصة مع زيادة الاعتماد على أكسدة الدهون ، ومن ثَمَّ زيادة تركيز الأحماض الدهنية الحرة فى العضلات والدم (٥٥) ( ١١) (٢٥) .

ومع أنه من المتوقع أن تكون درجة تلف العضلات فى هذه المرحلة أقل ما يمكن، إلا أن الأداء الذى يستغرق فترة طويلة ، يتسبب فى إتاحة فرص حدوث تلف عضلى ، وتكون بدورها مصدرا لتحفيز واستدعاء الشقوق النتروجينية لمسرح العمليات ، والذى يتراكم مع الشقوق الأكسجينية والدهنية فى تعقيد وضع ضغط الأكسدة (٢٤) .

ويلاحظ أن هذه الشقوق تتفاعل مع بعضها البعض ؛ لتنتج الصورة الأشد خطورة ، من بينها تفاعل السوبر أكسيد آنين مع أكسيد النيتريك ؛ لينتج بروكسيد النيتريت وكذلك تفاعل السوبر أكسيد أنين مع الدهون ؛ ليكون شقوقها المختلفة، ويتضح أنها جميعا تؤدى إلى تكامل فى السلسلة الجهنمية التى إن لم تواجه بكفاءة قوية من مضادات الأكسدة ، فإنها تؤدى إلى تدهور الأداء البدنى والمهارى ، خاصة عندما تتعقد هذه المصادر بعبء المصادر المشبعة بالأشعة فوق البنفسجية فى الصباح الباكر أو قبل الغروب ، أو التعرض لعبء ضغط الحرارة والضوء القوى ، كما هو الحال فى منتصف الظهيرة ؛ فيؤدى هذا إلى تحفيز إفراز كمية أكبر من الهرمونات ؛ لمواجهة التوتر خاصة الأدرينالين والنورادرينالين ، اللذين يتعرضان للأكسدة الذاتية فيتحولان إلى شقوق طليقة فى غاية الخطورة (٥٣) (١١) (٢٥) (٥٥) .

شكل ( ٥ )




ويوضح الشكل السابق السلسلة التنفسية وكيفية إنتاج ATP من أكسدة العناصر المختلفة وذلك باستغلال الضغط الكهـروكيماوى لأيونات الهدروجين خارج الجدار الداخلى للميتوكندريا (٥٤) .

**من العرض السابق يتضح أن :**

**ـ فى النظام الفوسفاتى للطاقة :** لا توجد شقوق طليقة حقيقية ضارة ، حيث لا تتم عمليـات تفاعل الأكسدة ، وذلك لاسـتهلاك المخزون من فوسـفات الكرياتين وثلاثى فوسفات الأدينوزى ATP ، ولكن يمكن للشقوق الأكسجينية أن تتكون فى حالة ارتفاع شـدة الأداء الرياضى ، أو تتكون خلال فترة إعـادة الارتواء التى تتبع المجهود العضلى أى فى بداية فترة الاستشفاء .

**ـ فى نظام حامض اللاكـتيك للطاقة :** توجد به الشـقوق الطليقة ولكن بكمـية قليلة ، والبـعض يتهم تراكم حـامض اللاكـتيك فى العضـلات بأنه المسئـول عن تكوين تلك الشقوق ، ويحول الضعيف منها ، مثل السوبر أكسيد أنين إلى صورة أقوى كالـشق الهيدروكسـيل الحر (٤٥) ، وخطورة مرحلة إنتاج الطاقـة اللاهوائية تكمن فى نهاية تلك المرحلة ، وبعد توقف الأداء مباشرة حيث تسمى تلك المرحلة ( إعـادة الارتواء ) لإعادة مـد العضـلات العاملة وغـيـرها بكميـات دم محـملة بالأكسجين بكفـاءة عالية ، فالانقباض العـضلى الشديد وقت الأداء يقلل من تلك الكمية الواصلة للعضلات وبعض الأجهزة الأخرى بالجسم ، فمن الملاحظ ـ هنا ـ **أنه لا بد من الاهتمام بمضادات الأكـسدة المنتجة طبيعيا كدفـاعات داخلية بالجسم فى تلك المرحلة ( إعادة الارتواء ) Reperfusion Injury** (٢٤) .

كما أن التـحول الحامضى للوسط الداخلى للـجسم وارتفاع الـ pH علاوة على الضغط الميكانيكى عـلى الألياف العضلية يـؤدى إلى تلف بعض الخلايا ، ومن ثَمَّ تسرب الإنزيمات والعوامل المحـفزة للشقوق الطليقة ، مـثل : حديد الميوجلوبين ، وإنزيم الأكزانثين أكسيديز .

وعلى ذلك فإن شدة ونوع التـدريب هما المحددان لتكوين الشقـوق الطليقة من عدمه ، حتى لو كـان زمن الأداء قصير جدا ، فكلما كـان التوتر المصاحب للأداء البدنـى المنعكس على أنظمة الجـسم أشد ولمدة أطول ، كلمـا أدى إلى تلف أكـبر وشقوق طليقة أكثر (٥٣) (٢٤) .

**أما فى النظام الأكسجينى للطاقة** : ففيه تنشط السلسلة التنفسـية للميتوكندريا ، وبالتالى تتكون الشقوق الـطليقة وبالذات الشقوق الأكسجـينية ، فمعنى تولد تلك الشقـوق أن تتولد شقـوق طليقة دهنيـة ؛ حيث إن الأخيـرة هى نتاج من الأولى خاصـة عند فشـل الأنظمة المضـادة للأكسـدة فى كبح جماح الشقـوق الطليـقة الأكسجينـية ، كما يتناسب مقدار إنتـاج الشقوق الطليقة النتروجـينية ، مع درجة تلف العضلات، ومن ثَمَّ درجة وكمية الخـلايا المناعية المستدعاة فى موضع التلف، والتى تنتج هذه الشـقوق كوسيلـة دفاعية بفـعل السيتـوكينات المنظمـة لعمل تلك الخلايا ، فكلما زاد مـعدل استهلاك الأكسجين دلَّ ذلك علـى زيادة حجم المجهود المبذول ، وبالتـالى يزيد حجم الشـقوق المتسـربة من السلسلة التنفسـية (١) (٥٢) (٤٨) .

من هذا العـرض يتضح أن تكوين الشـقـوق الطليقـة يتوقف على شـدة ونوع التدريب كـما سبق ذكره ، ولـكن المهم هنا توقيت تكوين هذه الشقـوق ؛ حيث يتضح لـنا أنه خلال العمـل العضلى الذى يعـتمد على النظـام الفوسفـاتى تنطلق الشقوق الطليقة أساسا فى فترة ما بعد انتهاء الحمل البدنى ، وبداية فترة الاستشفاء منه ، وذلك بسبب أن هذه المرحلة تتكون فيها شقوق الأكسجين والنتروجين بكمية قليلة ، وذلك ينطبق على سـباقات الـ ١٠٠ ،و٢٠٠ ، و٤٠٠، و ٨٠٠ مـتر ، وأيضا فى الأنشطة ذات الشدة العـالية وفترة الدوام القصـيرة ، والتى يتراوح زمن الأداء بها من : ١ث إلى : ٦٠ث (٥٣) (١١) (٢٥).

أما فى الأنشطة عالية الشدة ذات الدوام الأطول ، والذى يتراوح بين : ١ ـ ٢ دقيقة والمتكررة كجولات الملاكمة والجودو ، وسباقات الجرى للمسافات المتوسطة ؛ حيث الطاقة المستهلكة تعتمد على النظام اللاكتيكى ، وأحيانا الهوائى ؛ نجد أن أنواع الشقوق الثلاثة تتكون أثناء الأداء البدنى ، وكذلك بعد الانتهاء منه ، وإن كان معظمها يتكون بعد الأداء ، أما فى الأنشطة الهوائية منخفضة الشدة وطويلة الدوام ، مثل : المسافات الطويلة والمتوسطة والدراجات وبعض الألعاب الجماعية ، فإن معظم الشقوق تنطلق أثناء الأداء نفسه ، ومن ذلك يتضح أن معظم التلف الناتج عن الأداء البدنى يحدث بعد الأداء فى النظام الفوسفاتى ، كما يحدث معظمه أيضا بعد الأداء فى النظام المختلط ( فوسفاتى ـ لاكتيك ) ، ولكن فى النظام الهوائى يحدث معظم هذا التلف أثناء الأداء نفسه ، ومن ثَمَّ فلا بدَّ من مراعاة تلك المراحل فى تكوين الشقوق الطليقة ؛ كى يمكن اختيار التوقيت المناسب لقياسها أو للتعرف على تفاعلاتها أو للتخلص منها ومقاومتها (٥٣) (٦١).



الضغوط العالية فى التدريب ومنافسات تسمح بظهور الشقوق الطليقة

**ضغط النشاط البدنى Stress The Physical Active :**

يحفز كل من النشاط البدنى والتغذية العمليات الأيضية بجسم الإنسان عامة ، والشخص الرياضى بصفة خاصة ، مرتبطا فى ذلك بشدة ونوع التدريب ، وكذلك تركيب أجهزة الجسم وخلاياه ، ويؤدى التدريب البدنى إلى تنشيط العديد من آليات التأقلم المتخصصة ، تبعا لنوع وشدة فترة التمرين المؤدى ، وهناك اهتمام كبير بمدى تأثير الغذاء المتناول ، وكذلك تناول عناصر غذائية محددة على مدى تحفيزها لفعل إيجابى يساعد فى عمليات التكيف، فأى نشاط رياضى له عدة تكيفات يتصف بها فالسير على الحصيرة المتحركة بشدة متوسطة لفترة طويلة يمثل ضغطا متوسطا على الناحية الأيضية الهرمونية ، وأيضا على الجهاز الدورى التنفسى ، والسبب الرئيسى لهذا الضغط يأتى بسبب زيادة أكسدة الدهون والأحماض الدهنية الحرة فى الدم الناتج عن زيادة تحلل الدهون ونقص إعادة تكوينها (٢٤) (٦٥) .

كما أن الوثب العنيف والجرى العنيف ذا الشدة المرتفعة يحفزان مستوى أعلى من أكسدة الجليكوجين والدهون المتعادلة المختزنة فى الألياف العضلية ؛ حيث يعتمد الجسم على هذه المواد لزيادة معدل الأكسدة والأداء المحسنين بتدريب التحمل، والذى يزيد من عدد الميتوكندريا فى العضلات ، كما فى رفع الأثقال يحدث التعب العضلى فى فترة قصيرة قد لا تتجاوز الدقيقة ونصف أو بعد ١٥ انقباضا متكررا ، حيث تزيد كثافة الميتوكندريا ( استدعاء عدد كبير من الوحدات الحركية فى العضلة وتنشط الألياف العضلية ) ، وهذا من المنشطات القوية جدا التى تغير مستوى تخليق البروتينات من العضلات (٢١) (٤٣) .

ويمكن قياس ضغط النشاط البدنى بمعدل تلاشى المواد المنتجة للطاقة ، واستجابة الجهاز الدورى التنفسى ، والتغيرات التى تحدث للهرمونات وتراكم مخلفات التمثيل الغذائى ، أو حتى درجة تخليق وتكثير بروتينات بعينها ، والتى تتغير بالتدريب الحاد أو المزمن .

فالكربوهيدرات والدهون والبروتينات المتوفّرة من الغذاء ومن المصادر الداخلية بالجسم ، تمثل المواد الأولية كوقود للتفاعلات الكيميائية التى تنشط بالإنزيمات

ومساعدات الإنزيمات ، وأثناء هذه التفاعلات تتحول الطاقة الكيميائية إلى شكل من أشكال الطاقة يمكن للخلايا أن تستخدمه فى إنتاج ATP أو تخزينه بالخلايا ، والذى يمكن الحصول عليه بصورة لا هوائية فى سيتوبلازم الخلايا ، أو بصفة هوائية فى الميتوكندريا فى وجود الأكسجين ، ويجارى معدل هذه التفاعلات المعدل المطلوب من ATP ، ومن ثم فإن زيادة شدة التدريب تؤدى إلى زيادة معدل التمثيل الأيضى ، والذى ينعكس على معدل استهلاك الأكسجين ، واستهلاك المواد الأولية ، وهما يمثلان إشارات لخلل التوازن الأيضى ، وهو ما يدفع الخلايا للتكيف على التدريب الهوائى ، وذلك بتغيير التوازن بين أفضلية تخليق بروتينات معينة وتكسير أخرى ، مثل زيادة بروتينات الميتوكندريا فى العضلات الهيكلية ، نتيجة للتحمل فى التدريب الهوائى (٣٢) (٥٥) (٣٠) (٣٤) (١٨) .

يوضح الشكل التالى العلاقة بين ضغط التدريب الرياضى والمنشطات الأخرى والتكيف الناتج عن النشاط العضلى .

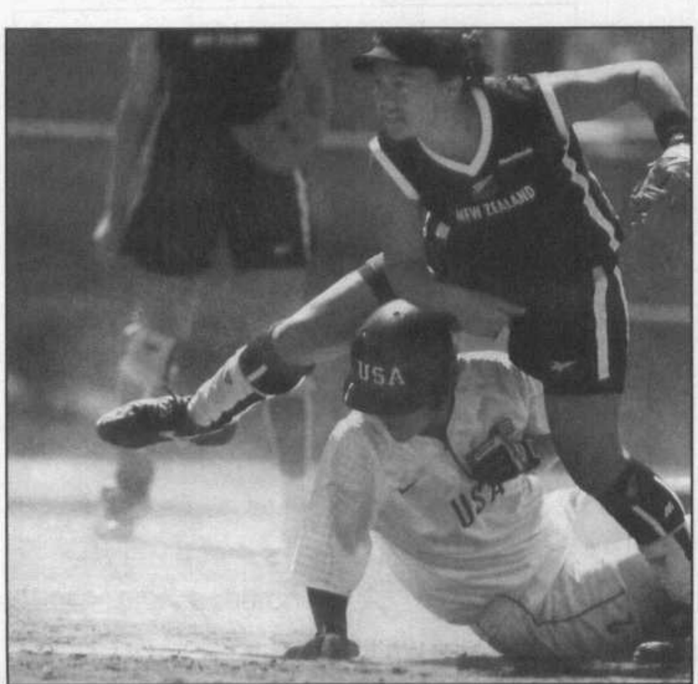
شكل (٦)

Enaymes and Cofactors
Byproduets and Heat
حرارة العضلة وقوتها
Substrates
المواد
Energy (ATP)
Muscle force
Mefabolic
أيضى
Mechanical
ميكانيكى
Stimuli
Protein Synthesi- degradtion
Adaptation
التكيف

حيث **يتحول محتوى العضلة** من ATP إلى **حرارة أو قوة العضلة** أثناء انقباض العضلات ، **وقوة الدفع هذه تأتى** من تداخل أجزاء **الأكتين والمايوسين** ، والذى ينتج عنه شغل ميكانيكى فى ألياف العضلات ، وهو كمنشط آخر لتكيف العضلات يعنى ذلك زيادة كتلة أجزاء الأكتين والمايوسين ، وذلك بالتحكم فى

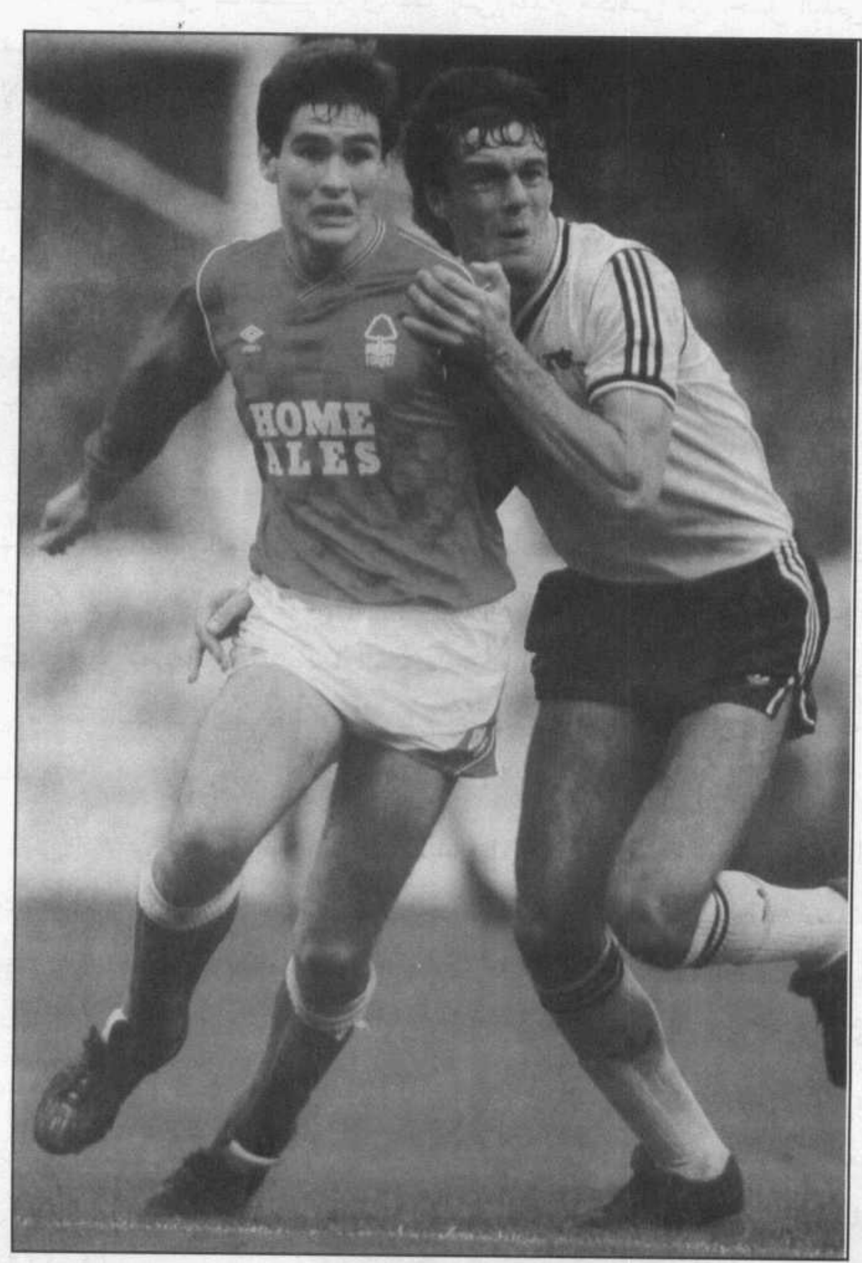
تصنيع وتكسير بروتينات معينة ، وهذا ما يفسر تضخم العضلات فى رياضة رفع الأثقال (٢٤) .

فقد أظهرت البحوث أن تدريبات التحمل والقوة يلقيان عبئا كبيرا على آليات مضادات الأكسدة فى الدم والخلايا التى تعمل على حماية الجسم من الشقوق الطليقة والتلف التابع لها ، وكذلك يصحب التدريبات البدنية العنيفة تلف عضلى حتى فى الرياضيين ذوى المستويات العالية ، فمضادات الأكسدة هى المركبات القادرة على التخلص من الشقوق الطليقة ، التى تنطلق من الأداء البدنى العنيف ، مثل : الجرى ورفع الأثقال والتدريبات الهوائية ( إيروبكس ) فقد وجد أن الأشخاص الذين يمارسون مثل هذه التدريبات البدنية بصورة عشوائية يكونون عرضة للتلف الناتج عن الأداء البدنى بالمقارنة بالرياضيين منتظمى التدريب ، وبذلك فإن التدريب العنيف غير المنظم أو لمن لهم لياقة بدنية ضعيفة أو من يمارسون المجهود العنيف لفترات طويلة ، كلها حالات من التدريبات العنيفة تكون أكثر إتلافا ، ومن ثَمَّ فإن أفضل حماية فى مثل هذه الحالات تتطلب بناء آليات مضادة للأكسدة تسبق مثل هذه التدريبات البدنية ، حيث تلعب مضادات الأكسدة دورا هاما فى الشفاء العضلى حيث إنها تحمى الخلايا والأنسجة من التلف بمنعها لضغط الأكسدة المؤدى لتلف العضلات، والذى يترجم إلى انخفاض ألم العضلات وسرعة شفائها بعد التدريبات العنيفة (٢٤).




الجرى والوثب العنيف يحفزان على أكسدة الجليوكوجين والدهون المتعددة المخزونين فى الألياف العضلية

وهكذا فإن عمليات التدريب الرياضى تؤدى إلى حدوث عملية التكيف الفسيولوجى والذى يضم ضمن عملياته المختلفة تحسن دور مضادات الأكسدة فى مواجهة زيادة ضغط الأكسدة أثناء أداء الأحمال التدريبية .




كل نشاط رياضى له عدة آليات تكيف يتصف بها

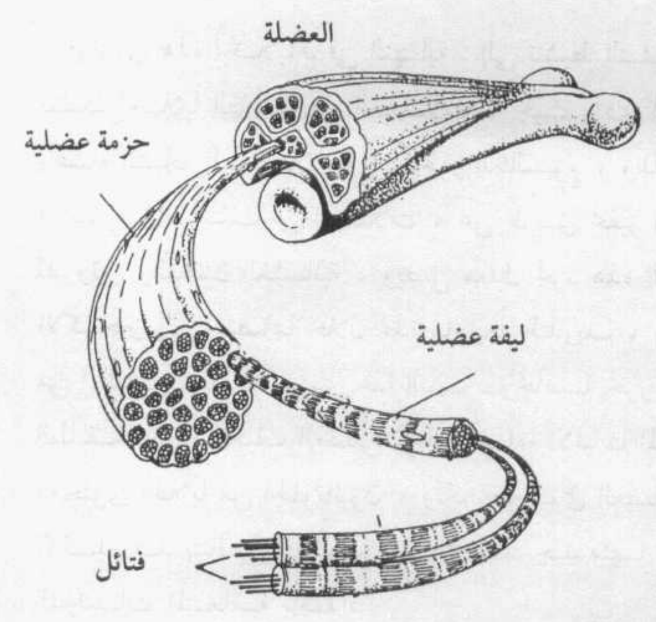
## التلف العضلى الناتج عن الأداء البدنى :

تُظهر الدراسات المنشورة الاختلافات فى الاستجابة الفسيولوجية بين التدريبات البدنية التى تعمل بالانقباض العضلى بالتطويل ، وتلك التى تعمل بالانقباض العضلى بالتقصير ، وبالنظر إلى مقدار مكافئ من الحمل البدنى فإن تدريبات عمل العضلات بالتقصير تتطلب طاقة أعلى ، كما هو واضح من الاستهلاك الأكثر للأكسجين ، وكذلك فإنه قد لوحظ استدعاء عدد أقل من الوحدات الحركية أثناء تدريبات انقباض العضلات بالتطويل ، ومن ثَمَّ فهى تتطلب قدرا أقل من الطاقة ؛ لتؤدى نفس العمل الذى يتطلبه التدريب بالتقصير للعضلات، كما أن حدّاً أقصى من القوة أكبر يمكن الحصول عليه من تدريبات الإنقباض بالتطويل، عن تلك المتولدة فى تدريبات الانقباض بالتقصير ، وهذا يؤدى فى النهاية إلى حدوث تعب عضلى أسرع أثناء تدريبات الانقباض بالتطويل (٤٣) (٥٥) (١١) (٢٥) .

ويلاحظ ذلك عند استخدام تدريبات الجرى على المنحدرات أو المدرجات عند الهبوط حيث تعمل العضلات هنا بالانقباض بالتطويل ، وهذا يشكل عبئا عضليا أكثر مما يزيد من التعب العضلى حيث تلعب الشقوق الطليقة دورا أساسيا فى إحداث هذا التعب؛ لذلك يفضل استخدامه مع الرياضيين ذوى المستويات العليا أو فى مراحل التدريب المتقدمة أو بعد فترة إعداد بدنى جيدة ، ويقل استخدامه مع الناشئين .

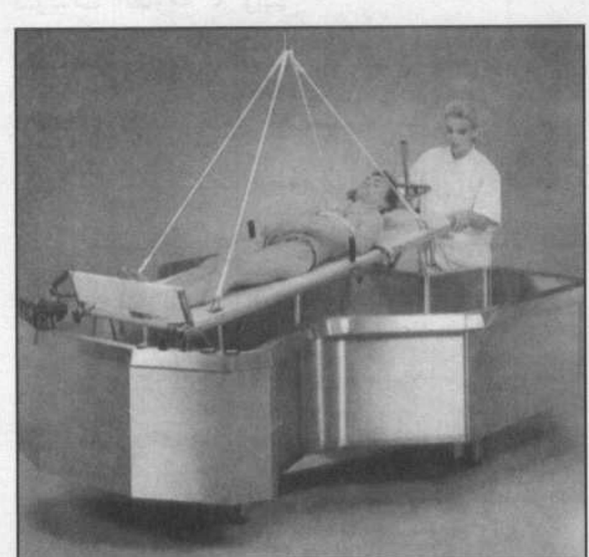
على النقيض فقد لاحظ آخرون أن بداية الإحساس بالألم العضلى (Delayed Onset Muscular Soreness يتأخر فى التدريبات بالتطويل للعضلات) (Eccentric Exercise ) عن تلك بالتقصير لها (Concentric Exercise)، وقد لوحظ أن مستوى الدم من الأنزيمات داخل العضلة مثل : الكرياتين كينيز يكون مستواه أعلى فى التدريبات بالتطويل للعضلات عنه فى تلك بالتقصير لها ، وقد أعزى ذلك إلى التوتر الأعلى فى ألياف العضلات ، والعدد الأقل المستدعى للعمل من هذه الألياف فى التدريبات بالتطويل عنه فى الألياف بالتقصير للعضلات (٢٤) (٦٥) (٨٠) .

حيث إن التدريب بالتطويل للعضلات يؤدى إلى خفض التلف العضلى الناتج عن التدريب على المدى البعيد، فقد يرجع ذلك إلى التخلص من الألياف الضعيفة واستبدالها بألياف قوية ، وعلى النقيض فإن تدريبات المقاومة ، والتى تتطلب حركات بالتقصير للعضلات ، تؤدى إلى تقوية العضلات ، ولكنها لا تؤدى إلى زيادة حجم العضلة ، على العكس من ذلك ؛فإن مثل هذه التدريبات بالتطويل للعضلات تؤدى إلى زيادة قوة وحجم العضلات ، ومن ثَمَّ فإن مدى تلف العضلات الناتج عن التدريب والالتئام التالى له يلعبان دورا هاما فى بناء حجم العضلات (١) (٢٤) (١١) .




من الملاحظات الغريبة أن أعلى معدل من تلف العضلات بعد التدريبات المطيلة يمكن ملاحظته خلال ثلاثة أيام أو أطول من توقيت الأداء ، وهو ما يمكن أن يكون بسبب التمزق الميكانيكى المحتمل على هذه الألياف ، وكذلك قد يعزى إلى الاستجابة الالتهابية المحفزة بالكالسيوم وإلى زيادة إنتاج الشقوق الطليقة، وهو ما يطيل عمر التلف لأيام عديدة بعد التدريب ؛ فنرى استدعاء الخلايا المناعية المتعادلة خلال القليل من الساعات بعد التلف العضلى ، وتطلق هذه الخلايا الشقوق الأكسجينية الطليقة والسموم الأخرى التى تؤدى إلى زيادة سيولة ونفاذية الأغشية الخلوية ، وتستبدل هذه الخلايا بالخلايا المناعية أحادية النواة ، والتى تتحول إلى الخلايا المناعية المستقرة الملتهمة ، والتى تطلق سموما أخرى ، كما تعمل على التهام النسيج التالف (٢٤) (٦٥) (٨٠) .

وتؤدى هذه الخلايا ـ فى النهاية ـ إلى تنشيط التئام هذا التلف ، عن طريق تنشيط الخلايا القاعدية فى العضلات ، حيث يؤدى التغير ـ فى الغشاء الخلوى وغشاء الشبكة السركوبلازمية إلى تحرر الكالسيوم ، والذى بدوره ينشط العديد من آليات إصلاح التلف فى العضلات ، عن طريق تحفيز العديد من الإنزيمات المحللة للبروتين والدهون الغشائية ، ويصل معدل تحرر هذه الإنزيمات والسموم وشقوق الأكسجين إلى أقصاها خلال عدة أيام بعد التدريب ، متوازية مع بدء إعادة البناء من الألياف التالفة ، ويؤدى هذا التلف ـ وخاصة تحرر شقوق الأكسجين والدهون الطليقة ـ إلى التكيف العضلى بزيادة كفاءة الأليات المضادة للأكسدة الإنزيمية ، ومحتوى الخلايا من الجلوتاثيون ، ولكن محتوى العضلات من الفيتامينات مضادة الأكسدة قد يتناقص إذا لم يكن هناك إمداد جيد منها فى الغذاء ، ومع ذلك فإن الدراسات المتعلقة بإمداد الجسم بمضادات الأكسدة المختلفة تبين كفاءة متضاربة لمثل هذا الإمداد ، ولكنها جميعا تشترك فى إيضاح أن هذا الإمداد له فعل إيجابى على سرعة الشفاء (٣٦) (٢٥) .



التدريبات المطيلة قد تسبب تمزق الألياف وتحفز انطلاق الشقوق الطليقة

ومن هذا المنطلق يراعى دائما الاهتمام بفترة الاستشفاء بعد التدريب بالتطويل لإتاحة الفرصة الأكبر لعمليات ترميم التلف التى حدثت فى الألياف العضلية وإتاحة فرصة الوصول إلى مرحلة التقويض الزائد ،وهنا تكمن أهمية استخدام النظام الغذائى كوسيلة للاستشفاء والاعتماد على زيادة مضادات الأكسدة فى وجبات الرياضيين الغذائية .

## الألم العضلى المتأخر ( الألم العضلى ذو البدء المتأخر )

Delayed - Onset Muscular Soreness:

من النواتج العامة للأداء الذى لم يتم التدرب عليه ، أو التدريب العنيف هو حدوث الألم العضلى المتأخر البدء ، والتلف العضلى الذى يحدث عند الأداء البدنى بالتطويل للعضلات ، ولكن التدريب المستمر بعد ذلك من نفس النوع من الأداء البدنى يؤدى إلى اضمحلال هذا الألم ، هذا الألم العضلى لا يحدث نتيجة التلف ، حيث يظهر هذا الألم فى قمته بعد يوم أو يومين بعد التدريب ، فى حين يظهر قمة التلف العضلى بعد ثلاثة أيام من الأداء البدنى .

ومع أن التدريبات بالتطويل للعضلات هى المسبب لكل من الألم العضلى المتأخر والتلف العضلى ؛ فإن كلا من هاتين النتيجتين تمثلان استجابات فسيولوجية مختلفة ، وتحدثان باستخدام آليات مختلفة ، وبجانب إحداث التلف بسبب التدريب بالتطويل للعضلات ، فإنه يؤدى إلى تلف النسيج الرابط حول هذه العضلات ، وهذا التلف هو المتهم كمصدر للإحساس بالألم العضلى .

وقد وجد أن دخول السوائل إلى الألياف بعد تلفها يؤدى إلى زيادة الضغط بداخلها ، ومن ثم تنشيط مستقبلات الألم الموجودة فى النسيج الرابط ، وبذلك يتناسب الضغط داخل العضلة طرديا مع ظاهرة حدوث ألم العضلات المتأخر البدء، وكذلك فقد تزيد حساسية هذه المستقبلات بسبب المواد الكيميائية المنطلقة من التفاعل الالتهابى للعضلات التالفة أو نتيجة نشاط الشقوق الطليقة (١) (٢٤) (٦٥) (٨٠) .

كما أن تسلسل مسببات حدوث الألم تؤدى إلى :

ـ زيادة الشد العضلى على النظام الانقباضى المطاطى بالعضلة إلى تلف بنائى بالعضلة وأغشية الخلية .

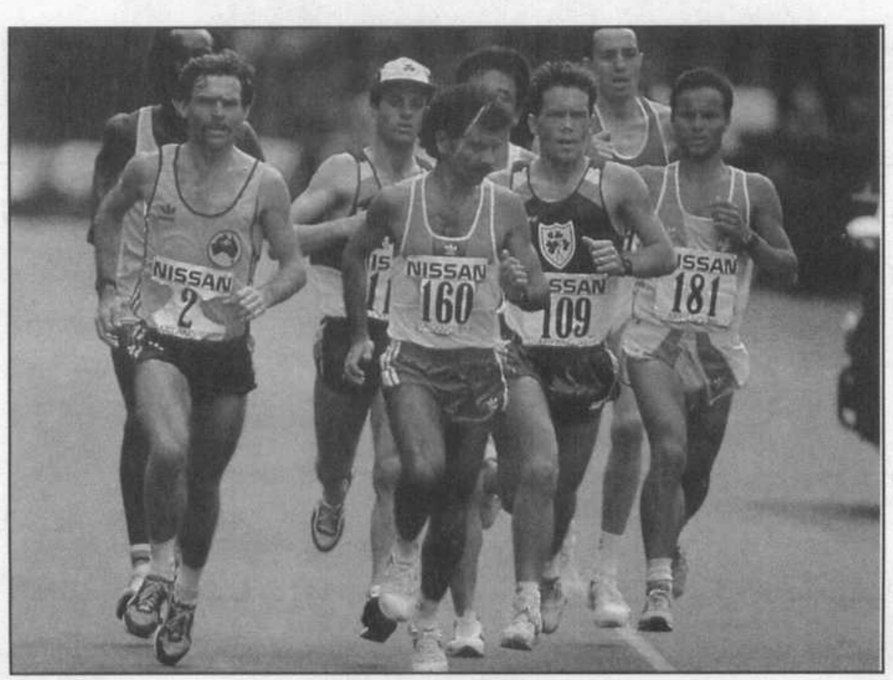
ـ تلف غشاء الخلية الراجع إلى اختلاف استقرار الكالسيوم فى الليفة المصابة مسببا موت الخلية التسممى Necrosis ، وتصل هذه الحالة إلى قمتها خلال ٤٨ ساعة بعد التدريب .

زيادة تجمع الخلايا الالتهابية الملتهمة Macrophage ، والمحتويات داخل الخلية مثل : الهيستامين Histamine (١) .

ولعل هذا يفسر تساؤلات العديد من المدربين والرياضيين عن أسباب الألم العضلى الذى يشعرون به فى العضلات بعد انتهاء جرعة التدريب وخلال اليوم الثانى والثالث ، وبالطبع فإن هذا يؤكد على أهمية الإهتمام بعمليات الاستشفاء بوسائله المختلفة لتجنب ظاهرة التدريب الزائد .

## إعادة بناء العضلات الهيكلية :

يستتبع عملية تلف العضلات عملية إعادة بناء لها باستخدام الخلايا القاعدية Stem cells للعضلات Myoblast مايوبلاست ، والتى تسمى الخلايا القاعدية فى البالغين ، وتوجد بين الغشاء القاعدى والصفيحة القاعدية والغشاء الخلوى العضلى ، وتبقى هذه الخلايا ساكنة حتى يحدث التلف العضلى ، عندها تطلق الصفيحة القاعدية عامل نمو (Growth Factor) يحفز هذه الخلايا على الانقسام خلال يومين أو ثلاثة أيام بعد التلف ، ويمكن رؤية هذه الخلايا بعد




تدريبات التحمل والقوة يلقيان عبئا كبيرا على آليات مضادات الأكسدة

هجـرتها إلى مـكان التلف ، ففى ذلـك المكان تتعـارف هذه الخـلايا وتندمج فى الأنبوبة العضلية أو الليفة العضلية الأولية ، ومن ثَمَّ فإن إعادة البناء الكامل تتطلب من خمـسة أيام إلى عدد من الأسابيع ، وتلعب هذه الخـلايا القاعدية دورا مـهما جدا أيضا فى نمو حجم العضلة ، وهو ما ينشطه تدريبات المقاومة المنتظمة ؛ حيث تنشِّط هذه التدريبات إفـراز عامل النمو سالف الذكـر ، الذى يحفز - بدوره - هذه الخلايا على الانقسام الخلوى .

وما سبق يشـير إلى أن عمليات إعـادة البناء والنمو والتضخم العـضلى وغيرها تحدث أثـناء فتـرات الراحة بعـد التدريب ، فـإذا كانت عـمليات الهـدم تتم أثناء التدريب فإن عـمليات البناء تحدث أثناء الراحة ، ومن هنا يجب أن نحـذر الكثير من الرياضيين الذين لا يهـتمون براحة أجـسامهم بعـد التدريب بالنوم الكافى بأن الجسم إذا لم يأخـذ حقه وفرصـته فى الراحة والنوم الكافـيين فإن عمليـات الهدم سـوف تتغلب على عـمليـات البناء، ولن يحدث التـعـويض المطلوب وسينتـقل الرياضى من هدم إلى هدم ومن انخفاض مسـتواه إلى ما هو أسوأ من ذلك لذلك نؤكـد على أن الراحة والنوم لـلرياضى لا تقل أهميـة عن عـمليات التـدريب فى الملعب .

بجانب التدريب ، فإن عـوامل التغذية من أهم المؤثرات على الأداء الرياضى ، ومع ذلك فإن الرياضيين الأبطال على قمة المنافسة كثيرا ما يتعرضون إلى الوصفات الغذائية والمكملات الغذائية عديمة الجـدوى ، التى ليس لها ما يعضدها من البحث العلمى ، ومع ذلك فإن هناك العديد من البحوث التى تمكن مثل هؤلاء الرياضيين من اختيار العناصـر الغذائية المثلى لصحتهم ولأدائهم المهارى ، فـقد أمكن تقسيم العناصر الغـذائية والمكملات إلى مجـموعات تتـداخل مع بعضها فى التـأثير على التحمل البدنى ومهارة الأداء (٢٤) (٥٥) (٤٩) (٨٠) .

من هذا العرض لخطورة تكوّن الشقوق الطليـقة والأضرار التى تترتب على هذا التكوين ؛ يتـضح لنا جليا أن الحل يكمن فى مـضادات الأكسـدة ، وأن الشخص الذى لم يتناول **مـضادات الأكـسدة فـسوف يـندم ؛ لعدم التناول** حـيث إن **خطر الصحة الحقيقى يكمن فى عدم تـناول مضادات الأكسدة ، والتى هى مواد بالجسم** تمنع أضرار الشقـوق الطليقة ، وتعمل على منع حدوث التـقرح العضلى أو التلف العضلى .

فقد نالت مضادات الأكسدة اهتماما كبيرا فى الآونة الأخيرة بسبب دورها فى مقاومة الشيخوخة والسرطان وأمراض القلب وكثير من المشاكل الصحية الأخرى ، فى حين لم تحظَ بنفس الاهتمام بالنسبة لدورها فى الأداء البدنى .

إن الاستمرار فى صورة نشطة للفرد والتعود على أداء بدنى متوسط أو معتدل لهما أهمية قصوى فى الحفاظ على الأداء الوظيفى والصحة المثلى للإنسان ، ولسوء الحظ فإنه كلما زاد الأداء البدنى فإن العضلات حينما تستهلك مستوى أعلى من الأكسجين ، يؤدى هذا - بالتالى - إلى زيادة تكوُّن الشقوق الطليقة ، ومن ثَمَّ زيادة فرص تلف الأغشية الخلوية والأحماض النووية ، وهو ما يؤدى إلى الإصابة بالسرطان وأمراض القلب وغيرها ، وقد أظهرت البحوث أن تدريبات التحمل والقوة يلقيان عبئا كبيرا على الآليات المضادة للأكسدة فى الدم والخلايا التى تعمل على حماية الجسم من الشقوق الطليقة والتلف التابع لها ، حيث يصحب التدريبات البدنية العنيفة تلف عضلى حتى فى الرياضيين ذوى المستوى العالى من التدريب .

ومضادات الأكسدة هى المركبات القادرة على التخلص من الشقوق الطليقة التى تنطلق عند الأداء البدنى العنيف ، مثل الجرى ورفع الأثقال ، وقد وجد أن الأشخاص المؤدين لمثل هذه التدريبات البدنية بصورة عشوائية يكونون عرضة للتلف الناتج عن الأداء البدنى ، وبالمقارنة بالرياضيين منتظمى التدريب وفى هذه الحالة فإن التدريبات العنيفة تكون أكثر إتلافا ، ومن ثم فإن أكفأ حماية فى مثل هذه الحالات تتطلب بناء آليات مضادة للأكسدة تسبق مثل هذه التدريبات البدنية .

وهنا تجدرالإشارة إلى نقطة هامة وهى أهمية الانتظام فى التدريب حيث إن الانقطاع عن التدريب ثم العودة إليه مرة أخرى يخل بتسلسل عمليات التكيف ويؤدى إلى حدوث الأضرار السلبية للأحمال التدريبية ويخل بمبدأ التدرج فى توزيع الأحمال التدريبية وإتاحة الفرصة للجسم للتكيف المطلوب .

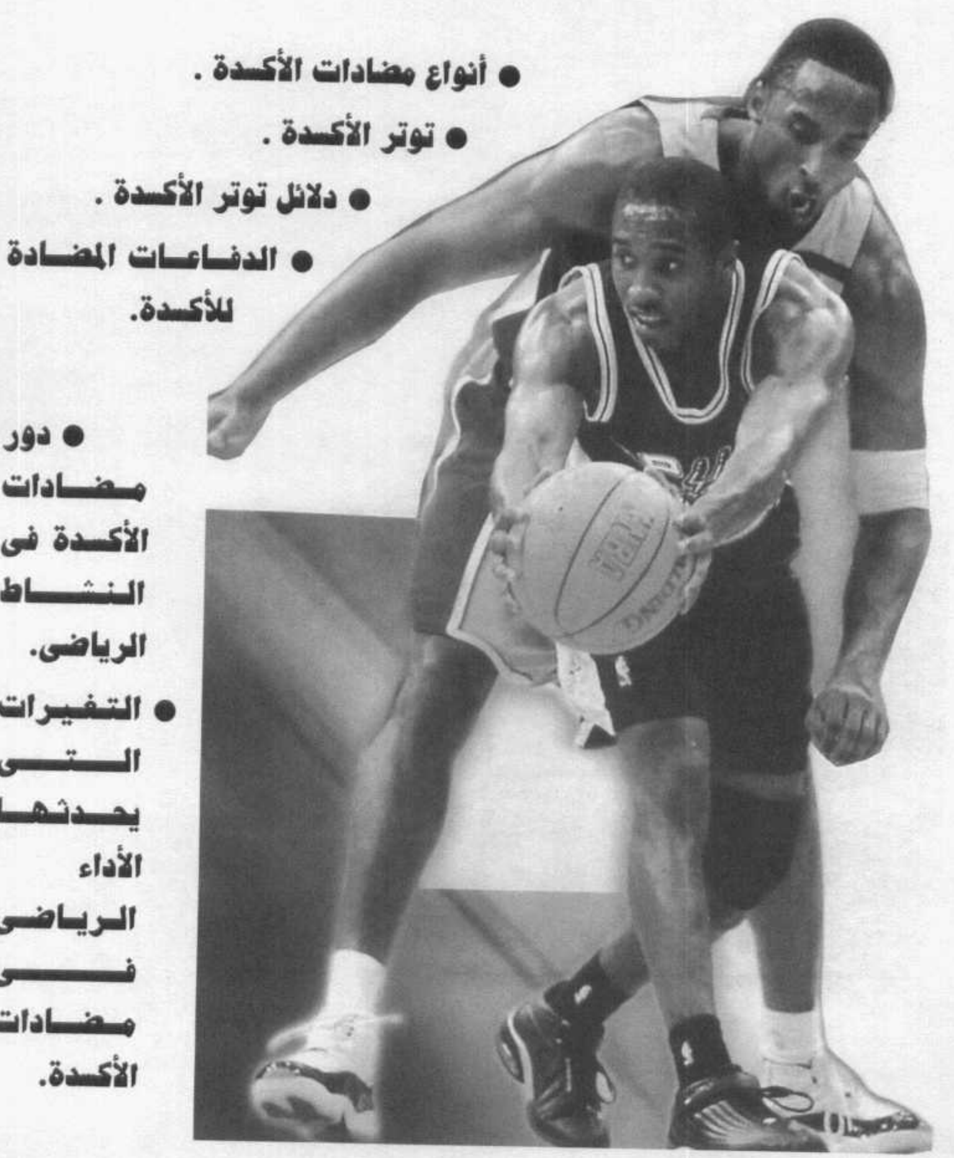
كما تلعب مضادات الأكسدة دورا هاما فى الشفاء العضلى حيث إنها تحمى الخلايا والأنسجة من التلف ؛ بمنعها لضغط الأكسدة المؤدى لتلف العضلات ، والذى يترجم فى انخفاض ألم العضلات وسرعة شفائها بعد التدريبات العنيفة ، وتشمل مضادات الأكسدة على العديد من الفيتامينات والمعادن والأنظمة الإنزيمية

المعقدة والإمدادات الغـذائية العشبية ، ومن أمثلة المصادر الغـذائية الغنية بمضادات الأكسـدة : الخضروات ذات اللون الأخـضر الداكن والبرتـقالى والموالح والزيوت النباتية غير المنقاة وخميرة البـيرة والحبوب الكاملة ، كما تشمل هذه المضادات على فيتامين C - E ، كما تشـمل الثوم والسيلنيوم والشاى الأخـضر ، وسوف نتناول تلك الموضوعات بشيء من التفصيل .

# الفصل الرابع

## ماهية مضادات الأكسدة

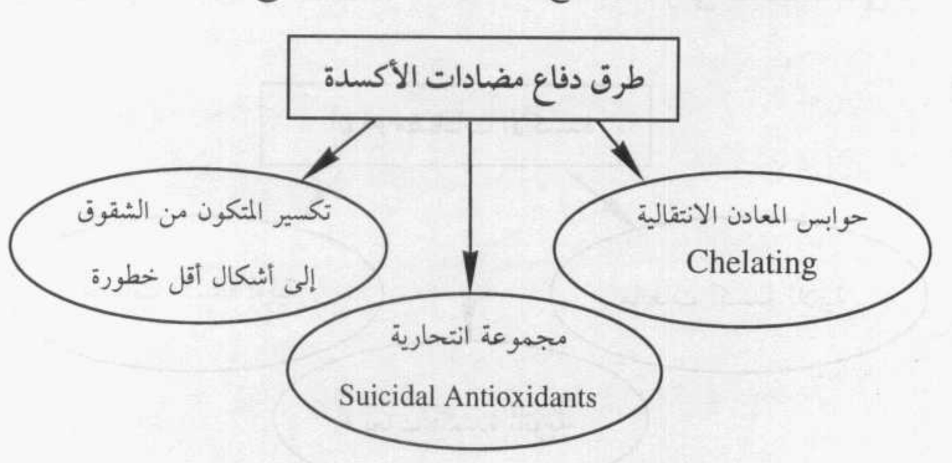
- أنواع مضادات الأكسدة .
- توتر الأكسدة .
- دلائل توتر الأكسدة .
- الدفاعات المضادة للأكسدة.
- دور مضادات الأكسدة فى النشاط الرياضى.
- التغيرات التى يحدثها الأداء الرياضى فى مضادات الأكسدة.



## ماهية مضادات الأكسدة Antioxidants :

كيميائيا فإن أى مركب ذى طبيعة حرة يوضع أعلى رمزه وعلى اليمين نقطة تشير إلى الإلكترون الزائد المكتسب • مثل $O_2^-$ هو الشكل الحر للأكسجين ، بالإضافة إلى إشارة السالب الكهربى بسبب هذا الإلكترون ، ويلاحظ أن الأكسجين يوجد فى شكل جزىء من ذرتين ؛ لأن كليهما شق طليق ، وبالتالى يتفاعلان مع بعضهما البعض ، ويكونان جزىء الأكسجين ( ٤٥ ) .

والأكسدة تعرف بأنها إزالة إلكترونات أو هيدروجين أو إضافة أكسجين والعكس، فإن الاختزال هو : إضافة إلكترونات أو هيدروجين أو إزالة أكسجين ، وبسبب خطورة عملية الأكسدة بالشقوق الطليقة ، فإن خلايا الجسم مسلحة بدفاعات مانعة لذلك ، وهى أنواع مختلفة ، كما هو موضح بالشكل التالى :

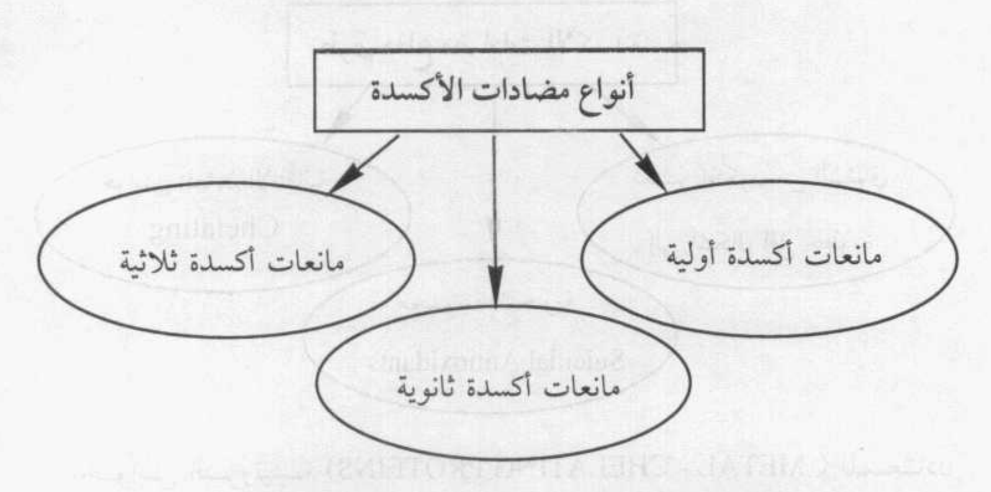



الحوابس البروتينية (METAL - CHELATING PROTEINS ) للمعادن الانتقالية ، مثل : الحديد والنحاس التى تحفز إنتاج الشقوق الطليقة ، وكذلك مضادات الأكسدة الانتحارية ، وهى التى تتفاعل مع الشقوق الطليقة ، دون أن تتحول هى إلى شق طليق ، أيضا المضادة المتجددة ، مثل : فيتامينات ( أ ـ هـ ـ ج ) ، فضلا عن الإنزيمات التى تكسر الشقوق الطليقة إلى أشكال أقل خطورة ، وعند فشل كل الأساليب ـ سالفة الذكر ـ فى السيطرة على الشقوق الطليقة فقد تكون هناك طرق لإصلاح الضرر الذى يقع بالفعل ، وعادة ما تكون التفاعلات المنتجة للشقوق الطليقة ذات طبيعة متسلسلة ، حيث يتفاعل الشق الطليق الأول مع

عنصر آخـر ؛ فيحوله إلى صـورة طليقة ، التى تتفـاعل بدورها لإنتاج شق طليق آخر ، وهكذا (٧٢) (٢١) .

تعد جمـيع جزيئات الخلية الرئـيسية فى الكائنات الحـية أهدافا محتـملة للضرر بالأكـسدة ؛ لذلك فـإن الخلايا مـعدة بأليـاف متـخصـصة لمنع هذا الضـرر وهى مضـادات الأكسدة ، وذلك بمنع تفـاعلات الأكسـدة التسلسلية أو إنهـائها أو إزالة الشقوق الطليقة أو إصلاح ضررها.

ولهذا ؛ فإن مانعات الأكسدة يمكن تعريفها على أنها أى مادة أو آلية تمنع تكوين الشـقوق الطليـقة أو تزيلـها بعـد تكوينها أو تصـلح الضرر الناتج عنهـا ، وهذه المضادات تتكون من أنظمة متكاملة فى جسم الإنسان ، وتشمل أنزيمات وفيتامينات ومعادن ومواد أخرى غير متخصصة (٥٣) ( ٤٧) (٤٨) ، وهى تصنف كالتالى :




**١ ـ مانعات التأكسد الأولية Primary Antioxidants :**

وهى تزيل الشقوق الأكـسجينية والنتروجـينية الطليقة بعد تكوينهـا وتعادلها ؛ حيث تعطيها إلكترونا ، وتحولها إلى صورة ثابتة فاقدة للمقدرة التأكسدية ، أو تمنع تكونها بحبس العناصر الانتقالية المحفزة لتفاعلات إنتاج هذه الشقوق ، وذلك قبل أن تتمكن هذه الشقوق من إحداث أى أكسدة فوقية للدهون ، وتنقسم إلى :

أ ـ غير فيتامينات .    ب ـ فيتامينات .

ج ـ إنزيمات .    د ـ حوابس العناصر الانتقالية .

أ ـ مانعات التأكسد غير الفيتامينات Non - Vitamin Antioxidants :

وهى مواد غير متخصصة ، قد تسمى مضادات التأكسد الانتحارية Suicdal Antioxidants ، حيث تدمر على حساب التخلص من الشق الطليق ، وقد تكون ذات طبيعة رجعية، مثل الجلوتاثيون وحمض الليبويك ( Lipoic Acid )، والبروتينات الغنية بالحامض الأمينى السيستينوالهستدين (Cysteine Histidine)، والمانيتول ( Mannitol ) ، أو تكون غير رجعية ، مثل صبغة الصفراء (Bilirubin)، والجلوكوز والبروتينات وحامض اليوريك ( Uric Acid ) ، كذلك تشتمل هذه المجموعة على مضادات الأكسدة الكيميائية التى تضاف كمواد حافظة على الأغذية ، مثل البيوتيلاتد هيدروكسى تولوين (Hydroxy Toluene Butylated ) ، أقوى هذه المضادات الطبيعية هى صبغة الجلد السوداء الميلانين ( Pigment Melanin) .

ب ـ الفيتامينات المضادة للأكسدة Vitamin Recycling Antioxidants :

وتشتمل على فيتامين E ، وهو ذو طبيعة محبة للدهون ، ويصاحبها فى جميع أماكن تواجدها بالجسم ، أيضا فيتامين C ، رغم أنه يوجد فى البيئة المائية بالخلايا إلا أنه غاية فى الأهمية ؛ حيث يعمل على تجدد فيتامين E ، ولكن فى أماكن تركيز الأكسجين المنخفض ، وتعمل هذه الفيتامينات على إزالة معظم الشقوق الطليقة ، مثل : الأكسجين الذرى والسوبر أكسيد الأنين وشق الهيدروكسيل الحر وشق الألكيل الحر والبيروكسيدى .

ج ـ مضادات الأكسدة الإنزيمية Enzymatic Antioxidants .

يتم زيادة مستوى هذه الإنزيمات فى حالات ضغط الأكسدة ، وتشتمل على :

ـ إنزيم Superoxide Dismutase (SOD) ، الذى يحول سوبر أكسيد الأنين إلى بيروكسيد الهدروجين ، ويوجد هذا الإنزيم فى النواة والسيتوبلازم والميتوكندريا وجسيمات الأكسدة الفوقية وخارج الخلايا ، وهو يعتمد ـ فى نشاطه ـ على النحاس والزنك والمنجنيز .

- إنزيم إلكتاليز Catalase ، وهو إنزيم يحتوى على صبغة الدم الحمراء ، ويوجد فى جسيم الأكسدة الفوقية والميتوكندريا ، ويحول بيروكسيد الهدروجين وبيروكسيد الألكيل ( Peroxide Alkyl ) إلى ماء أو هيدروكسيد الألكيل وأكسجين.

- إنزيم الأكسدة الفوقية للجلوتاثيون ( Glutathione Peroxidase, GPX ) وهو إنزيم داخل الخلية ، ويعتمد فى نشاطه على السيلنيوم ، ومنه صورة لا تحتاج لهذا العنصر ، ويستخدم الجلوتاثيون كمساعد إنزيم ، وهو يحول جميع البيروكسيدات إلى هيدروكسيل أو ماء .

**د ـ حوابس العناصر الانتقالية :**

وهى البروتينات التى تعمل على تقليل إنتاج الشقوق الطليقة ، وذلك بحبس العناصر المعدنية الانتقالية ، مثل : بروتين السيريولوبلازمين Ceruloplasmin الذى يحبس النحاس وبروتين الفيريتين Ferritin الذى يحبس الحديد ؛ لأن وجود ما فى الصورة الحرة يحفز التفاعلات المنتجة للشقوق الطليقة المختلفة .

يتضح من العرض السابق أن مضادات الأكسدة الأولية تعمل على تحويل الشقوق الطليقة الأكسجينية والنتروجينية إلى أشكال أقل خطورة أو آمنة ، وبالتالى تمنع تفاعلها مع الدهون والعناصر الأخرى التى قد تنتج شقوقا جديدة ، ومع أن هذه الإنزيمات هى الرئيسية فى هذا العمل إلا أنها تحتاج للمساعدة ، وتستعين فى ذلك بالجلوتاثيون ( GSH ) والناد بى اتش (NADPH ) ، والذين يتم توفير ما عن طريق إنزيمات أخرى مثل ٦ـ فوسفات الجلوكوز دهيدروجينيز (Glucose - 6 - Phosphate Dehydrogenase) ، وكذلك الإنزيم المختزل للجلوتثيون ( Glutathi-one Reductasse ) والمختزل لفيتامين C النصف شقى الذى يعتمد على الجلوتاثيون GAH - Dependent Semiascorbyl Radical Reductase (٥٣) (٢٧).

**٢ ـ مانعات التأكسد الثانوية Secondary Antioxidants :**

وهى الآليات إلى توقف الأكسدة الفوقية للدهون بعد بدايتها بالشقوق الأكسجينية أو النتروجينية ؛ ولذلك فهى تسمى كاسرات سلسلة التأكسد الفوقى

للدهون ( Chsin Breaking Antioxidants ) ، وتشـتـمل على مـعظم الآليـات الأولية ؛ لمنـع التأكسـد خاصـة الآليات الفيـتامـينية والبـروتينات حابسـة الحديد والإنزيمات ، خاصة إنزيم الأكـسدة الفوقية للجلوتاثيـون ، ومع أنها قد تُرى أقل أهمية من مانعات التأكسد الأولية ، إلا أنها فى غاية الأهمية ؛ حيث يؤدى فشلها إلى موت الخلايا أو تطفر محتواها الوراثى .

**٣ ـ مانعات التأكسد الثلاثية** Tertiary Antioxdants :

وهى آليات مـعقدة مـن مجمـوعة كبـيرة من الإنزيمات ، تعـمل على إصلاح الضرر الذى يحـدث بسبب الشـقوق الطليقـة بعد فـشل الأنظمة السابـقة فى منع ذلك، مـثل إنزيمات تـصليح الأحـمـاض النووية وإنزيمات الـتحلل فى جسـيم الليسوسوم (٥٣) (٦٣) (٦٤) .

**توتر الأكسدة** Oxidative Stress :

يعرف توتر الأكسـدة بأنه خلل فى التوازن الاختزالى التأكـسدى مع عدم توازن لمصلحة الشـقوق الطليـقة ، ورغم أن الخلايا مـزودة بآليات عـديدة لمنع ذلك فإن الأنسجـة تصاب عندما يكون هناك عـدم توازن موضعى أو عـام بين هذه الآليات والمصادر الداخلية أو الخارجية للشقوق الحرة ، وهذا الخلل فى التوازن يأتى من :

ـ الزيادة فى تكوين الشقوق الطليقة .

ـ ضعف اليات الجسم لإزالة هذه الشقوق .

ـ زيادة العناصر الانتقالية الحرة ، خاصة الحديد والنحاس .

ـ زيادة تحفيز الخلايا على إنتاج هذه الشقوق بصفـة فسيولوجية ، مثل : أكسيد النيتريك .NO ، كما يحدث بسبب عامل نخر الأورام ( TNFA ) (٥٣) (٧٠) .

**دلائل توتر الأكسدة** Markers of Oxidative Stress :

حيث إن عمر شقـوق الأكسجين الطليقة غاية فى القصر ، فـإن قياسها يتطلب أجهزة معقدة ( Electron Spin Resonance Spectroscopy ) لا يمكن استخدامها فى الجسم الحى ، ومن ثَمَّ فإن قيـاسها يكون غير مباشر عن طريق قـياس أكاسيد الدهون الفوقـية ونواتجهـا ، مثل : TBARS ، والملتحـمات ثنائية عـدم التشبع

Conjugated Dienes ) فى الدم والبنتان ( Pentane ) فى هواء الزفير ؛ حيث إن عمرها طويل نسبيًا ، وكذلك فإن الشقوق النتروجينية الطليقة ذات عمر قصير جدا، وهو ما يجعل الباحثين يقيسونها كنيتريت ، وهو الشكل الثابت لهذه الشقوق (٧٢) (٤٣) (٣٥) (١٤) (٦٠) .

**يقاس توتر الأكسدة بزيادة الدلائل التالية :**

١ ـ زيادة النيترات والنيتريت المصنعين من أكسدة النتريك ، وهى دلائل مبكرة للأكسدة .

٢ ـ الميتهموجلوبين ( Met Hemoglobin ) المؤكسد بالشقوق المختلفة ، وهو دليل متأخر للأكسدة .

٣ ـ زيادة حديد الدم الحر ( $Fe^{2+}$ ) ، وهو دليل تلف وأكسدة متأخر .

٤ ـ زيادة نواتج الأكسدة الفوقية للدهون ، مثل : ثنائى الداهيد المالون ( Malondialdehyde ) والبنتان فى هواء الزفير ، وهى دلائل متأخرة للتأكسد والملتحمات ثنائية عدم التشبع ، وهو دليل أكسدة متوسط الحدوث بين التبكير والتأخر .

٥ ـ تفاعلات الإضافة على الحامض النووى الديوكسى رايبوزى وتكسير خيوطه ( DNA Adducts and Strand Breaks) ، وهو دليل أكثر تأخرا للأكسدة .

٦ ـ موت الخلايا الفسيولوجى ( Apoptosis ) ، والتسممى ( Necrosis)، ودلائلهما البيوكيميائية والنسيجية .

**كذلك يقاس توتر الأكسدة بانخفاض الدلائل المضادة للأكسدة التالية :**

١ ـ نقص مستوى الدم من السيريولوبلازمين وإنزيم السوبر أكسيد ديسميوتز (SOD) فيتامين : E - C - A ، والنحاس $Cu^{2+}$ ، والزنك $Zn^{2+}$ ، والسلينيوم $Se^{2+}$ ، والمحتوى الكلى من الجلوتاثيون ( Total Clutathione )، والصورة المختزلة من GSH ، والمحتوى من الألبومين ( Albumin ) ، وإنزيم الكتاليز .

٢ ـ انخفاض المحتوى الخلوى لكرات الدم الحمراء من إنزيم SOD ، وإنزيم الأكسدة الفوقية للجلوتاثيون (٥٤) (٧٤) (٦٦) (٤٢) (٢٧) .

## **الدفاعات المضادة للأكسدة** Antioxidants Defenses :

الدفاعات المضادة للأكسدة فى الخلايا تدرأ الفعل السالب الضار للشقوق الطليقة والتفاعلات المصاحبة لها ، وتضعها تحت السيطرة ، ومن تلك المضادات فيتامين E، وهو المضاد الرئيسى الذائب فى الدهون والمصاحب للأغشية الخلوية ، ومن ثَمَّ فهو يحمى من الأكسدة الفوقية للدهون بالشوارد الأكسجينية والدهنية ، ويتحول فى نفسه إلى شق حر آمن ، يتحول هذا الشق الطليق الآمن لفيتامين E إلى الصورة المختزلة من جديد بمساعد فيتامين C ، علاوة على ذلك فإن فيتامين C كمضاد رئيسى ذائب فى الماء ، قادر على التفاعل المباشر مع الشقوق الأكسجينية المختلفة ، ومن بين مجموعة الفتيامينات فإن البيتاكاروتين وفيتامين A يمثلان أقوى مسيطر على الأكسجين الذرى كأحد أشكال الشقوق الأكسجينية ، كما سبق فى شكل (٢) .

ويمثل الجلوتاثيون محفزا لإنزيم الجلوتاثيون بيركسيداز الذى يعمل على إزالة بيركسيدات الهدروجين والدهون والملوثات البيئية السامة والدوائية .

ويمثل عنصر السيلنيوم محفزا لنفس هذا الإنزيم لا يمكن الاستغناء عنه فى نشاطه ، وعلاوة على هذا الإنزيم فإن هناك إنزيمات مهمة لهذا المجال يمثلها إنزيم السوبر أكسيد ديسمياتيز فى صوره المختلفة وإنزيم الكاتاليز والإنزيم المختزل للجلوتاثيون (٧٩) (٧٠) (١٩) (٦٤) .

## **التدريب الرياضى ومضادات الأكسدة :**

على المدرب الرياضى أن يتفهم جيدا أن أداء الحمل البدنى من خلال جرعة التدريب يؤدى إلى كثير من العمليات الحيوية داخل الجسم وعلى مستوى الخلية ، وبناء على ذلك فإن التدريب الرياضى ليس مجرد تدريب للعضلات أو للجهاز العصبى **أو لأجهزة الجسم** الحيوية ، وإنما يمتد تأثير **ذلك إلى تدريب العمليات الكيميائية، ومن بينها مضادات** الأكسدة لتقوم بدورها **فى** مقاومة **التلف الذى قد** يتعرض له الجسم وخلاياه نتيجة زيادة الشقوق الطليقة .

أظهرت دراسات عديدة كفاءة التمرين المنتظم على زيادة الدفاعات المضادة للأكسدة ، وقد أكدت نتائج تلك الدراسات أن تناول مضادات الأكسدة خلال الغذاء أو من خلال المستحضرات قبل التدريب يقلل من التلف العضلى الناتج عن التدريب الرياضى ( ١ : ١٨٣ ـ ١٨٤ ) ، فقد لوحظ انخفاض فى مستوى بيروكسيدات الدهون فى الدم كنتيجة لزيادة وقت التدريب بسبب زيادة عمليات التكيف .

وقد أظهرت دراسات أخرى على النقيض من ذلك فإن مستويات أكاسيد الدهون تبقى ثابتة على مدار ٣٠ يوما من التدريب ، فى حين أظهرت دراسات أخرى زيادة فى نشاط إنزيم الكاتاليز وإنزيم اختزال الجلوتاثيون بعد التدريب الهوائى لمدة ١٠ أسابيع ، وكذلك لوحظ زيادة فى محتوى الدم من صورة الجلوتاثيون المختزنة ، وفى دراسة أخرى فإن التدريب على الجرى للرياضيين يحسّن المقدرة الكلية المضادة للأكسدة للدم بالمقارنة بغير الرياضيين من حيث محتوى كرات الدم الحمراء من فيتامين E والجلوتاثيون ونشاط إنزيم الكاتاليز ، فقد ظهرت علاقة طردية بين طول مسافة التدريب ومحتوى كرات الدم الحمراء من الإنزيمات المضادة للتأكسد ، وكذلك فقد أظهر تدريب التحمل لمدة ١٠ أسابيع ، انخفاض المحتوى الكلى من الجلوتاثيون من صورته المؤكسدة فى الدم مصحوبا بزيادة فى نشاط إنزيم الجلوتاثيون بيراكسيدز فى كرات الدم الحمراء ، وانخفاض فى الإنزيم المختزل للجلوتاثيون ، وهو ما قد يرجع إلى انخفاض البيروكسيدات فى هذه الخلايا .

وعلى الرغم من أن كثيرا من الدراسات قد أكدت على أن التدريب الرياضى يحسن من قدرة مانعات التأكسد إلا أن تلك النتائج لا تعتبر واضحة حتى الآن ؛ لاستخدام تلك الدراسات لموانع تأكسد مختلفة ومستويات تدريبية مختلفة وأفراد مختلفين (٢٣) (٧٧) (٤٢) (٦٢) (٧٤) (٦٤) .

ومما سبق يتضح أن عمليات التكيف الفسيولوجى قد تتطلب فترات طويلة بعد التدريب قد تصل إلى ٣٠ يوما ، وهذا يشير إلى احتياج الجسم لفترات زمنية مختلفة حتى يتحسن مستوى الأداء ، فلا يمكن لمدرب لاحظ انخفاض مستوى اللياقة البدنية على لاعبيه أن يقيم معسكرا تدريبيا ليوم واحد حتى يرفع مستوى

اللياقة البدنية استعدادا لمباراة هامة ، فى الحقيقة فإن ذلك يعتبر تدميرا لمستوى الأداء الرياضى نظرا لقيام هذا المدرب بتنشيط عمليات الهدم خلال التدريب وعدم إتاحة الفرصة لعمليات البناء أن تتم وتكون النتيجة لذلك هى الإجهاد وعدم تحقيق المستويات الرياضية المرجوة .

**دور مضادات الأكسدة فى النشاط الرياضى :**

أوضحت كثير من الدراسات أن الأداء البدنى يزيد من إنتاج الشقوق الطليقة الأكسجينية ، والتى تؤدى إلى تلف الخلايا ، ومن ثَمَّ فقد لوحظ أن الأداء البدنى يؤدى إلى زيادة مستوى الدم من ثنائى الدهيدالمالون ، وكذلك إلى زيادة محتوى هواء الزفير من البنتان، ويمثل كلاهما دلائل غير مباشرة للأكسدة الفوقية للدهون، وإن كانت هذه النتائج تختلف باختلاف الأشخاص ، وهو ما قد يعكس ضعف تخصصية هذه الدلائل (٦٧) .

وقد أظهرت بعض التخصصات الرياضية أن الإمداد بفيتامين E ، و C أو مضادات الأكسدة الأخرى بصفة فردية أو كخليط منها ، تؤدى إلى انخفاض دلائل ضغط الأكسدة الناتج عن الأداء البدنى ، ولكنها لا تؤثر على الأداء المهارى ، وكذلك فإن التدريب البدنى المستمر يؤدى إلى اضمحلال توتر الأكسدة الناتج عن التدريب البدنى إلى درجة أن الرياضيين يظهرون أكسدة فوقية للدهون من جرعة تدريب معينة ، وكذلك مستوى أكفأ من الآليات المضادة للأكسدة بالمقارنة بالأفراد غير الرياضيين (٤٣) (١٧) (٦٠) .

وليس من الواضح ما إذا كانت الآليات الطبيعية فى الجسم المضادة للأكسدة كافية لمواجهة الزيادة فى الشقوق الأكسجينية الطليقة الناتجة عن الأداء البدنى أم لا، أو أن إمدادا إضافيا خارجيًا من هذه المضادات يجب أن يوصى به ، مع أن بعض الرياضيين الذين يحصلون على مضادات أكسدة إضافية يُظهرون مستوى أقل من توتر الأكسدة ، وحتى يتم الاستقرار على مدى حيوية وكفاءة وأمان الاستخدام طويل المدى لمضادات الأكسدة فإنه يوصى أن يتناول الأفراد ذوى النشاط البدنى غذاء غنيا بمضادات الأكسدة (٤٣) .

## التغيرات التى يُحدثها الأداء البدنى فى مضادات الأكسدة :

تعتمد الدراسات التى تستكشف مقدرة الأداء البدنى على إحداث ضغوط الأكسدة على قياس التغير فى كميات مضادات الأكسدة المختلفة فى الدم ، وكذلك الدلائل غير المباشرة للأكسدة الفوقية للدهون ، وحيث إن الأداء البدنى الهوائى يؤدى إلى زيادة استهلاك الأكسجين ، ومن ثَمَّ فإنه من المتوقع زيادة الشوارد الأكسجينية ،وهذا ما أشارت به الدراسات العلمية التى تستخدم الأداء البدنى طويل المدة وبحمل أقل من الأقصى من حيث الشدة ، ومع ذلك فإن التدريبات البدنية التى تسبب تلف العضلات تتجه معظمها إلى الانقباض العضلى بالتطويل (اللامركزى ) ، والذى يؤدى إلى التلف ، ومن ثَمَّ الأكسدة الفوقية لدهون الأغشية الخلوية ، فضلا عن انبعاث الشقوق الطليقة المصاحب لغزو الخلايا المناعية الملتهمة والمتعادلة.

والتغير فى مستوى الدم لمستويات فيتامين C & E الجلوتاثيون ، تم استخدامها أيضا كدلائل غير مباشرة لضغوط الأكسدة ، فمن المعتقد أنه يمكن تحريك هذه المضادات من مخازنها فى الأنسجة المختلفة لمكافحة ضغط الأكسدة فى مكان آخر من الجسم.

وحيث إن كرات الدم الحمراء تحتوى على هذه المضادات ، وكذلك لسهولة الحصول عليها كعينة من جسم الإنسان ، فقد تم استخدامها لدراسة مستوى المصدات الخلوية فى حالات ضغوط الأكسدة (٧٦) (٦٤) (٣٧) (٢١) (٣٥) .

## التغير فى فيتامين C & E :

يؤدى الأداء البدنى مثل الجرى فى سباق ٢١ كم إلى زيادة مستوى فيتامين C عن الطبيعى ، ولكنه بعد ٢٤ ساعة من ذلك ينخفض إلى مستوى أقل من المستوى قبل الأداء البدنى ، ويبقى منخفضا لمدة لا تقل عن يومين ، وقد عزى ذلك إلى التحرر المتزامن للكورتيزول وفيتامين C من الغدد جار الكلوية ، وكذلك يزيد مستوى فيتامين C عند خمس دقائق بعد سباق نصف ماراثون ، ولكنه يعود إلى المستوى الطبيعى بعد ٢٤ ساعة ، وقد يعزى بعض هذه التغيرات إلى الاختلاف فى حجم بلازما الدم .

وقد لوحظ أن الجرى فى منحدر يؤدى إلى تناقص مستوى فيتامين C أثناء وبعد الأداء مباشرة ، ولكنه يعود إلى المستوى الطبيعى بعد ٢٠ ق من التمرين ، ولكن المشى بنفس شدة الجرى فى المنحدر وصعود المرتفعات لم يؤثرا على مستوى فيتامين C مع أنه يؤثر فى مستوى كورتيزول الدم بنفس الكفاءة ، ولذلك فإن تبرير التغير فى فيتامين C بالتغير فى مستوى الكورتيزول ليس صحيحا مطلقا (٤١) (١٤) .

كما أثبتت بعض الدراسات أن التناول المتكرر لفيتامين C يساعد فى خفض سرعة ضربات القلب ، أيضا يمكن أن يؤدى هذا التناول إلى ثبات نسبة فيتامين C خلال الـ ٢٤ ساعة التالية للتدريب ، كما أكدت بعض الدراسات أن التذبذب فى مستوى هذا الفيتامين فى الدم قد يرجع إلى درجة تحكم الغدة الكظرية ، وقد أكدت كثير من الدراسات أنه لا حاجة لتناول جرعات كبيرة متكررة ، فالجرعات الصغيرة المتكررة خلال اليوم أفضل فى الحفاظ على مستوى هذا الفيتامين بشكل ثابت أفضل ، حيث إن جرعة من فيتامين C بمقدار ٣٠٠ mg تساعد على ثباته فى الدم ، كما أثبتت الدراسات أنه يمكن أن تتراوح الجرعة من : ١٠٠ ـ ٣٠٠ mg أن تفى بالحفاظ على مستواه ثابتا فى الدم (٧٨) (٦٠) (٣٦) (٦٤) .

وقد لوحظ أن زيادة النشاط لإنزيم الميلوبيراكسيد ( Myeloperoxidase ) الذى يعكس نشاط الخلايا المناعية المتعادلة ، يزداد كلما نقص مستوى فيتامين C ، وهذا ما يعنى أن هذا الفيتامين مهم جدا لكبح جماح الشقوق الطليقة المنبعثة من هذه الخلايا ، أيضا أن مستوى البلازما من فيتامين E يزداد فى التدريبات الحركية ، وإن كان هذا التغير قد يعزى إلى التغير فى حجم البلازما نتيجة التمرين ، كذلك زيادة تركيز هذا الفيتامين أيضا أثناء التزحلق على الماء لمسافات طويلة ، مع أن نصف الماراثون لا يؤدى إلى مثل هذا التغير مباشرة فى نهاية السباق وبعد ساعتين منه ، أيضا أثبتت التجارب أن التدريب البدنى مرتفع الشدة قد لا يؤدى إلى انخفاض فيتامين C فى الدم ، كما أنه مقاوم جيد للشقوق الطليقة ، وأيضا لعمليات توتر الأكسدة ، كما أنه يلعب دورا هاما فى سرعة الاستشفاء ، وأيضا مفيد فى التدريب فى المرتفعات نظرا للدور الذى يلعبه فى إصلاح التشوهات التى تصيب كرات الدم الحمراء ، كما أوضحت بعض الدراسات التى أجريت على السباحين

بتناولهم لفيتامين E بجرعة ٤٠٠ mg لمدة ستة أسابيع لم تؤثر على مستوى الفيتامين فى الدم ، أيضا جرعة مقدارها ١٢٠٠ IU (وحدة دولية) تناولها لاعبو الهوكى لم تؤثر أيضا على مستوى الفيتامين بعد تناوله لمدة ٥٠ يوما (٧٨).

ويعزى هذا التناقص - فى الدراسات المتعلقة بمستوى فيتامين E و C نتيجة للتمرين - إلى الاختلافات فى نوعية الأداء البدنى ، وتوقيت أخذ العينات وبعد التمرين ، ودرجة تدريبهم ، وعوامل بيئية منها : الغذاء والمرتفعات ، وكذلك تعزى إلى غياب ضبط التغير فى حجم بلازما الدم (٥٤) (٦٤) (٧٨) .

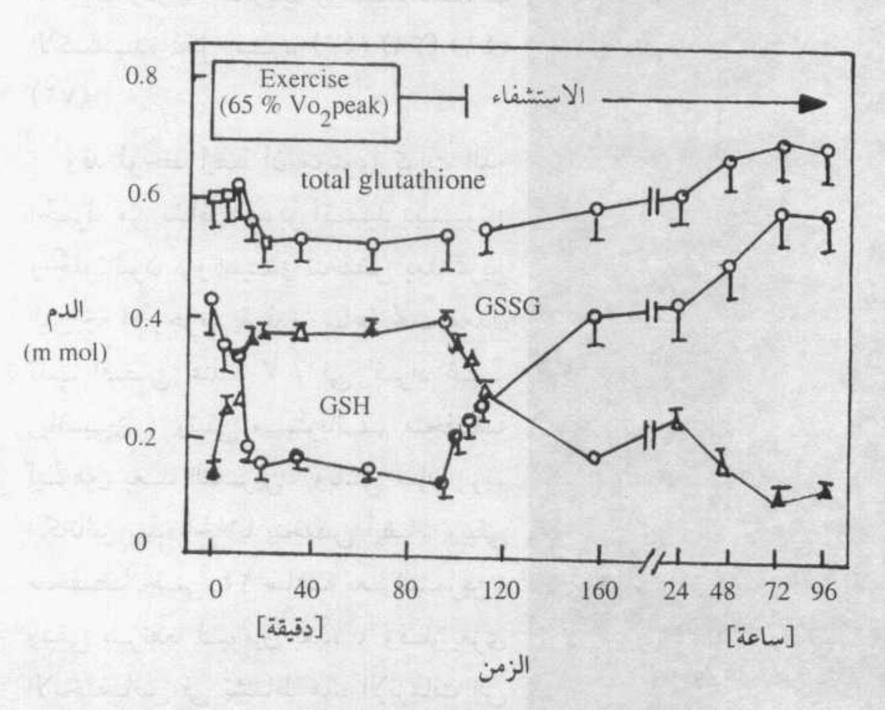
ويعد ذلك إلقاءً جديدا للضوء على أهمية فيتامين C بصفة عامة للرياضيين حيث يوحى دائما بتناوله بنسبة أكبر خلال مرحلة الإعداد النهائى للبطولة أو للمباراة نظرا لدوره الهام فى مقاومة الإجهاد والتعب الناتج عن التدريب وكذلك لوقاية الرياضيين من أمراض البرد التى كثيرا ما يلاحظ انتشارها خاصة فى فترة ما قبل المباراة أو البطولة نتيجة لضعف جهاز المناعة المؤقت خلال هذه الفترة .

**التغير فى الجلوتاثيون Glutathione :**

حيث إن الجلوتاثيون المختزل يتم أكسدته كنتيجة للتفاعل مع كميات متزايدة من الشقوق الطليقة ، فإن تحرر الشكل المؤكسد منها فى الدم يعتبر دليلا على ضغط الأكسدة، وقد لوحظ أن الذكور المتمرنين يظهرون زيادة فى الصورة المؤكسدة من الجلوتاثيون فى الدم بعد اختبارات الحصيرة المتحركة لحد الإجهاد، ولكن هذا المستوى يتناقص إلى المستوى الطبيعى بعد ساعة من الراحة ، ويوضح الشكل (٧ ) التغيرات التى تحدث فى الجلوتاثيون المؤكسد والمختزل والكلى عند مستوى العمل بشدة ٦٥ ٪ من استهلاك الأكسجين ، وخلال فترة الاستشفاء، كذلك فإن مستوى الصورة المؤكسدة من الجلوتاثيون تتزايد بعد اختبار السعة الهوائية القصوى، ومن ثَمَّ تتناقص نسبة الصورة المختزلة من الجلوتاثيون ، كذلك يؤدى التمرين الطويل الأقل من الأقصى إلى نتيجة مماثلة (٢٣) (٧٦) .

وقد يعزى ذلك أيضا إلى قلة تحرر الجلوتاثيون المختزل من العضلات بسبب استهلاكها داخل العضلة ، وعلى النقيض من ذلك فإن دراسات أخرى مثل :

السير إلى المرتفعات أو الهبوط من المرتفعات أو الجرى على الحصيرة المتحركة لمدة ٣٠ ق ، ولم تؤدِ إلى أى تغير ملحوظ فى تركيز صورتى الجلوتاثيون ، وقد يرجع ذلك إلى الضغط الأيضى المنخفض فى مثل هذه التمارين ،وعلى النقيض فقد أظهرت بعض الدراسات ـ خاصة مع التمرين الطويل والتمرين ذى الشدة المتصاعدة ـ زيادة فى الصورة المختزلة للجلوتاثيون ، وقد لوحظ أيضا أن محتوى كرات الدم الحمراء من الصورة المختزلة للجلوتاثيون يتناقص مع عدم تغير مستوى الصورة المؤكسدة له بعد نصف ماراثون ، وقد لوحظ أيضا أن نشاط الإنزيم المختزل للجلوتاثيون يتزايد بعد التمرين ، وهو ما يعكس وجود ضغط أكسدة وتراكم الصورة المؤكسدة للجلوتاثيون (٧) (٣٥) (٤١) (٦٤) .




### ٣ ـ التغير فى دلائل الأكسدة الفوقية للدهون ( TBARS or MDA ) :

لوحظ أن مستوى ثنائى الدهايد المالون (MDA ) يتزايد فى الدم بعد سباق ٨٠ كم ، وكذلك بعد ٣٠ ق من الجرى على الحصيرة المتحركة تحت مستويين مختلفين من الاستهلاك الأقصى للأكسجين من : ٦٠ إلى ٩٠ ٪ ، وكذلك بعد الجرى فى

منخفض وبعد اختبار الدراجة الثابتة ، المجهد فى الذكور غير الرياضيين والمتدربين تدريبا متوسطا ، على العكس من ذلك فلم يلاحظ زيادة فى هذا الدليل بعد نصف الماراثون ، ولا بعد اختبار الخطوة لمدة ساعة ، ولا بعد اختبار الدراجة الأرجومترية الأقصى ، ولا بعد ساعة من الانقباض العضلى الثابت المتكرر ، وأكثر من ذلك فقد لوحظ انخفاض فى مستوى هذا الدليل مباشرة بعد الماراثون وبعد الاختبار المتدرج فى التزحلق على الماء لمسافات طويلة ، هذا التضارب فى مستوى ثنائى الداهيد المالون قد يعزى إلى الفروق الفردية ، وعدم تخصصية الاختبار، وكذلك إلى الاختلاف فى شدة التدريب ودرجة التدريب ورصيد مضادات الأكسدة لكل فرد (٤٣) (٣٦) (٤١) (٧٢).



إمداد الرياضى بفيتامين C . E وغيرهما من مضادات الأكسدة يخفض دلائل ضغط الأكسدة الناتج عن الأداء البدنى دون أن يؤثر على الأداء المهارى

وقد لوحظ أيضا أن محتوى كرات الدم الحمراء من نشاط السوبر أكسيد ديسميوتاز والجلوتاثيون بروكسيدز تنخفض بعد تمرين الدراجة الأرجومترية لمدة ساعة تحت معدل قلب أقصى عند ٧٠٪ فى أفراد غير رياضيين ، وتبقى مستوياتهم منخفضة ليومين بعد التمرين، وبالمثل فإن إنزيم الكاتاليز بهذه الخلايا ينخفض أيضا، ويبقى منخفضا حتى ٢٤ ساعة بعد التمرين، ويبقى مرتفعا ليومين بعده ، وقد يعزى الانخفاض فى نشاط هذه الإنزيمات إلى تثبيطه بكميات كبيرة من الشقوق الطليقة ، وقد لاحظت دراسات أخرى زيادة فى دلائل أخرى للأكسدة الفوقية للدهون ، مثل : مستوى البنتان فى هواء الزفير ، كذلك مستوى ثنائيات عدم التشبع الدهنية

المندمجة Conjugated Dienes ، وكذلك الـ TBARS فى البول ، وعلى النقيض من كل ذلك فقد تناقص مستوى الأكسدة الفوقية للدهون فى دم الأفراد بعد إكمال ١٥ ق من السباق الثلاثى ، علاوة على انخفاض مستوى الدهون الثلاثية والكوليسترول والبروتينات الدهنية منخفضة الكثافة ، وزيادة البروتينات الدهنية مرتفعة الكثافة ، وجميعها آليات تفسر كفاءة التمرين فى خفض مخاطر حدوث أمراض القلب والجهاز الدورى (٥٩) (٣٧) .

وهنا فإن تأثير التدريب بهدف الصحة يلعب دورا هاما فى الوقاية من أمراض قلة الحركة وفى مقدمتها أمراض القلب والأوعية الدموية كنتيجة لتحسن آليات مضادات الأكسدة .

**أثر الإمداد بعناصر مضادات الأكسدة Antioxidant Supplementation :**

**١ ـ أثر الإمداد بفيتامين ج C :**

الإمداد به يؤدى إلى زيادة مستواه فى الدم، ويؤدى إلى زيادة المقدرة الكلية المضادة للأكسدة فى الدم ، ولكن التمرين نفسه ( اختبار الخطوة ) لم يؤد إلى تغير يذكر فى ثنائى الدهايد المالون ، علما بأن جميع القياسات والمتغيرات تم ضبطها بالتغير فى حجم البلازما ، ولكن لوحظ من نتائج بعض الدراسات شفاء أسرع وانخفاض التلف الناتج عن هذا الاختبار المطيل للعضلات ، كما أدى تناول فيتامين C إلى انخفاض شدة الألم العضلى ، ولكن دراسات أخرى لم تجد لذلك أثرا على التحمل ولا على قوة الأداء المهارى ، وقد لوحظ أيضا الانخفاض البسيط فى فيتامين C (٦٤) (٨٣) .

**٢ ـ أثر الإمداد بفيتامين هـ E :**

فقد لوحظ أن تناول فيتامين هـ E لمدة أسبوعين قبل تمرين الدراجة المجهد ؛ يؤدى إلى انخفاض ثنائية الداهيد المالون ، وكذلك الإنزيمات العضلية ، مثل : البيتاجلوكويورنيدز ، وإنزيمات الميتوكندريا ، مثل : الجلوتاميك ـ أجزيلات ترانس امينيز ( GOT ) فى الدم ، ولكن دراسات أخرى تعزى الانخفاض فى هذه الدلائل إلى التكيف مع تكرار مثل هذا التمرين فى جرعات تالية للتمرين ، ولكن

دراسات أخرى لم تلاحظ اختلافا يُذكر فى مستوى الإنزيمات العضلية فى الدم ، ولا فى درجة ألم العضلة أو التلف بعد تمرينات شديدة الإجهاد أو بالتطويل للعضلات (٦٤) (٧٨) .

ولكن الدراسات التى قامت بالإمداد بهذا الفيتامين لمدد تصل إلى ٥ أشهر مع متسابقى الدراجات ، فقد أظهر انخفاضا فى دلائل الأكسدة الفوقية للدهون وتسرب الإنزيمات العضلية ، ولكن دراسات أخرى لم تظهر أى فائدة على الأداء المهارى ولا التحمل ولا السعة الهوائية للإمداد بفيتامين هـ E لمدة خمسة أشهر ، وإن لوحظ فعل محسن للأداء المهارى لهذا الفيتامين بالأماكن المرتفعة ، ولكن تقليل فيتامين هـ E فى الغذاء لم يؤد إلى تغير يُذكر فى تحمل الشغل أو ضعف العضلات (٦٣) (٧١) (٦٤) (٨٣) .

**٣ ـ أثر الإمداد بمخلوط مضادات الأكسدة :**

الإمداد بجرعات مناسبة من فيتامين E - C والبيتاكاروتين لمدة أسابيع لم تؤدِ إلى انخفاض ثنائى الداهيد الكالون ولا البنتان ( Pentane ) فى هواء الزفير بعد ٣٠ ق من أداء الجرى على الحصيرة المتحركة (بحمل ٦٠ ٪ من VO2 ولمدة ٣٠ ق ، ثم بحمل ٩٠ ٪ من VO2 ولمدة ٥ ق ) ، وإن كان هذا الإمداد أدى إلى زيادة مستويات هذه الفيتامينات فى الدم، وكذلك إلى انخفاض مستوى دليل أكسدة الدهون الفوقية أثناء الراحة ، ومن ثَمَّ فقد استنتج أن هذا الإمداد قادر على منع هذه الأكسدة ، وقد أدى الإمداد بخليط السيلنيوم وفيتامين هـ والجلوتاثيون Glu-tathione والسيستين Cysteine للاعبى الدراجات المتدربين إلى أثر مماثل فى مستوى الدم من ثنائى الداهيد المالون، وقد أدى خليط فيتامين ج والجلوتاثيون وكذلك الآن ـ استيايل سيستين N- Aeetyl - Cysteine إلى انخفاض الزيادة فى مستوى الصورة المؤكسدة للجلوتاثيون بعد اختبار الحصيرة المتحركة المجهدة ، وبالمثل فقد لوحظ تأثير مخفض الخليط من E و C على مستوى الإنزيمات العضلية بعد ماراثون دون التأثير على مستوى ثنائى الداهيد المالون الذى ينخفض بفعل التمرين نفسه ، ومن ثَمَّ فقد استنتج أن الإمداد يحمى من تلف العضلات الناتج عن التمرين .

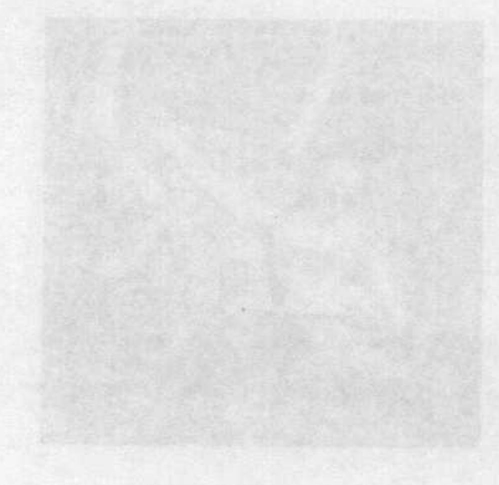
أظهر تناول مستخلص حبوب اللقاح الغنى بإنزيم السوبر أكسيد ديسماتيز (١٨٠ mg لمدة ١٠ أسابيع ) إلى انخفاض ثنائى الداهيد المالون، بعد اختبار الخطوة ، وكان هناك فعل مماثل للإمداد للسيلنيوم ، وقد لوحظ كفاءة أعلى للإمداد بالسيلنيوم فى زيادة نشاط إنزيم الجلوتاثيون بيركسيدز ( Glutathione Per- oxidase ) المحفز للتمرين الحاد ، مثل برامج تدريب التحمل ، وهذا يعنى أن السيلنيوم يعضد الدفاع المضاد للأكسدة أثناء التمرين (٦٤) (٨٣) (٦٣) (٦٢) (٣٩) .

وبناء على ذلك فإن عمليات الإعداد الفسيولوجى باستخدام برامج التدريب تحتاج إلى فترات طويلة لكى تحدث عمليات التكيف المرجوة، وخاصة إذا ما تم خلال هذه الفترة إمداد الرياضى بمضادات الأكسدة من الفيتامينات والأملاح المعدنية التى تتطلب فترة لا تقل عن ٨ ـ ١٢ أسبوعا حيث يمكن الحصول على نتائج طيبة .



الوعى بمضادات الأكسدة كفيل بنجاح الأداءوتجنب الفشل

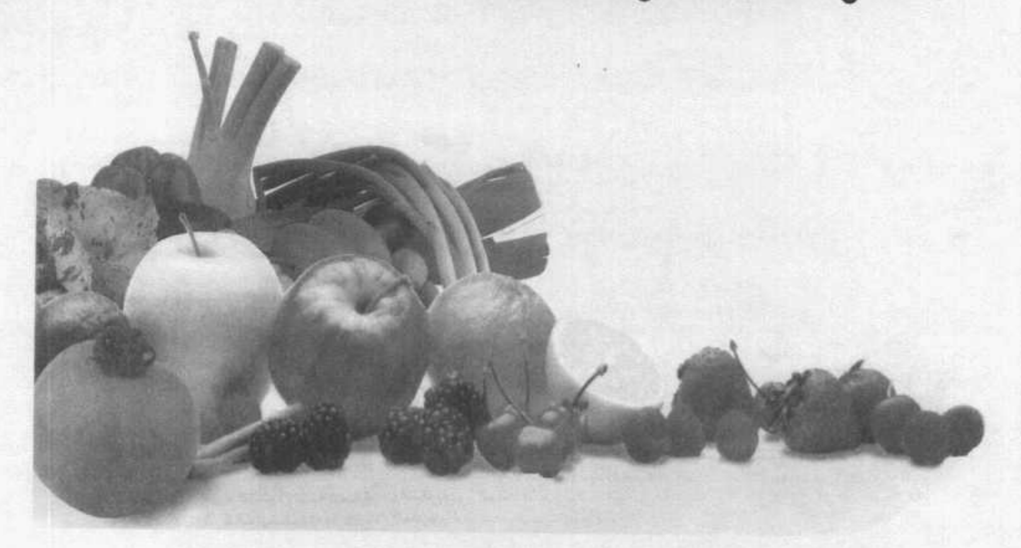




# الفصل الخامس

## التغذية والأداء

- فاعلية العناصر الغذائية المقاومة للأكسدة.
- أشهر الأطعمة المقاومة للأكسدة.



## التغذية الخاصة بالأداء Performance Nutrition :

اكتشاف التغذية المثلى للياقة البدنية والأداء الرياضى ، يعد مطلبا هاما للتفوق الرياضى ؛ لما يمده الغذاء للجسم من سوائل وطاقة وغيرها ، ولكن لا بدَّ أن يكون اختيار الغذاء المناسب لطبيعة النشاط الممارس وللهدف من هذا الغذاء أحد الاستراتيجيات الهامة فى اختيار هذا الغذاء ، وأحد تلك الاستراتيجيات العامة التى يحققها الغذاء هو مقاومة الأكسدة ؛ حيث يعد كل الغذاء ـ تقريبا ـ مساعدا على أن يقاوم عمليات الأكسدة بالجسم ، ويعمل على زيادة قدرة الجسم على امتلاك العناصر المضادة للأكسدة ؛ ليتخلص من تلك الشقوق الطليقة ، التى سوف تنتج بالجسم نتيجة للممارسة الرياضية ، وتكمن المشكلة ـ هنا ـ فى عاملين هامين : أولهما : هو تحديد أى المواد الغذائية أكثر فاعلية فى عملية المقاومة للأكسدة ، والعامل الثانى ـ والأهم ـ : هو المقدار أو الكمية التى يتناولها الشخص، ويكون لها القدرة فى دعم المقاومة بالشكل الذى يحمى الجسم .

وبما أن الجسم يحتوى على نظام دفاع متقن مانع للتأكسد ، يعتمد على الكمية الغذائية من الفيتامينات والمعادن ، والإنتاج الزائد لمركبات مانعة للتأكسد ، مثل : الجلوتاثيون Glutathione ، وفيتامينات E & C والبيتاكاروتين ، وكلها تعمل ضد الشقوق الطليقة المتكونة عن التدريب الرياضى ، وتعلم أنه حتى الآن غير معروف ما إذا كان هذا النظام الطبيعى كافيا أم لا ؟ ولكننا غالبا ما نبحث عن الشكل الصحيح لمقاومة الأكسدة التى تعمل إيجابيا لدى مستخدميها ، وخاصة مع النشاط الرياضى بأنواعه أو للأبطال الرياضيين بصفة خاصة .

ولقد أوضحنا فى الجزء السابق أن المواد التى خلصت إليها الدراسات والبحوث قد وجدت أن تلك المواد أو العناصر تتأثر تأثرا واضحا بالنشاط الرياضى ، ومن ثَمَّ تؤثر فيه ، وبالتالى فإن الإمداد بتلك العناصر سوف يؤثر على الشخص الرياضى فى اتجاهين أساسيين ، وهما أنه : أولا : سوف تزيد من مقدرة الجسم فى عملية المقاومة للشقوق الطليقة المتكونة داخل الخلايا العضلية وسرعة التآم تلفها. ثانيا : **أن هذا الإمداد** سوف يزيد من سعة الجسم فى تخزين تلك المواد ، ولو أن **الأمر ما زال خاضعا للتجريب** ، ولم تنته فيه الدراسات **إلى جواب نهائى** قاطع .



تعويض السوائل من مصادر غنية بمواد مضادة للأكسدة كعصير البرتقال

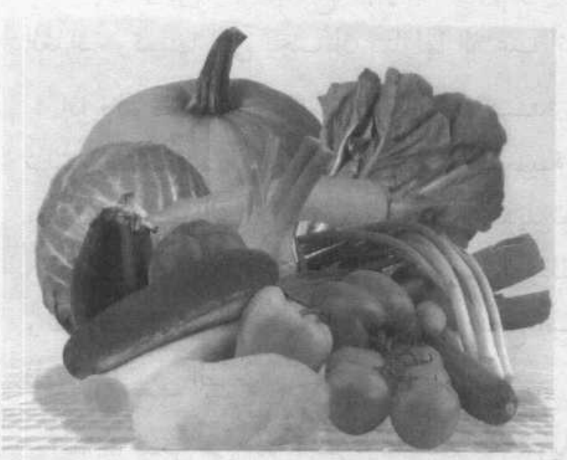
لاعب الجمباز الأولمبى الروسى الفذ نيوكلاى أندريانوف يحضر مركبات غذائية خاصة ببرنامجه الغذائى

وللأسف اتخذت مضادات الأكسدة عدة انطباعات خاطئة عند كثير من المستخدمين لها، ليس لأنها قد تضر بهم بل لاعتقاد كثير من المستخدمين أن الإكثار من تناول تلك الشقوق سوف يكون مفيدا ، وهذا بالطبع اعتقاد خاطئ ويجانبه الصواب ؛ فظهور منتجات بالأسواق وكثير من المستحضرات الطبية، التى تعمل كمقاومات للأكسدة والتى تلقى رواجا كبيرا ، خاصة فى الأوساط الرياضية؛ جعل الكثيرين ممن يرغبون فى استخدامها يبالغون فى هذا الاستخدام ، فإذا نظرنا إلى كم الأقراص التى يتناولها الرياضيون يوميا ؛ وجدناه مفزعا إلى حد كبير .

وفى الآونة الأخيرة أجريت بعض الدراسات الخاصة ببعض اللاعبين أو اللاعبات ؛ لإيجاد نظام غذائى خاص بهم ، يساعد بفاعلية ليكون مضادا للأكسدة، وبالفعل خلصت تلك الدراسات إلى مركَّبات غذائية يتناولها اللاعبون ضمن برنامجهم الغذائى ، فبالطبع هذه المركَّبات لن تفيد إلا فئة قليلة من الرياضيين المحترفين ، أو ذوى المستويات العليا فقط ؛ لأنها قد صممت من أجلهم، وبالكيفية التى تتناسب مع العديد من العوامل الفسيولوجية والبيوكيميائية خاصتهم ، أيضا إضافة إلى أحمال التدريب التى يلقونها ، واللعبات التى يمارسونها ، وعوامل عديدة أخرى ، كلها تحدد تلك النوعية من التغذية الخاصة ، التى تساعدهم فى مقاومة عملية الأكسدة .

وكما سبق وأشرنا ، أن تكون الشقوق الطليقة عبارة عن رد فعل أو ردود أفعال، تنتجها الخلايا فى مستوى معين من النشاط والحركة عند استعمال الأكسجين المتنفس، والذى يتسرب من خارج السلسلة التنفسية بالميتوكندريا ، والذى يقدر بحوالى من : ٢٪ إلى ٤ ٪ هى المسئولة عن عملية الأكسدة داخل الخلية العضلية، وذلك أثناء اختزالها خارج السلسلة التنفسية كما سبق وذكرنا ، وإن نشاط مضادات الأكسدة أثناء عملية الاختزال تلك قد يتحول - فى ذاته - إلى شق طليق ، أحيانا يكون من النوع الضار ، وأحيانا أخرى من النوع غير الضار ، كما فى الأكسدة الفوقية للدهون .

تتم تلك العملية من حدوث تحول مضاد من مضادات الأكسدة إلى شق طليق، جعل كثيرا من الباحثين مترددين فى وضع توصيات أو الانتهاء إلى وصفة غذائية، تساعد على تلك العملية من



**التغذية الخاصة بالأداء**
**اكتشاف التغذية المثلى للياقة البدنية**

الأكسدة؛ خوفا من أن تتحول تلك المواد التى يتناولها الرياضى إلى مؤكسدات تضر به بدلا من نفعه ، ولكن أصبح فى حكم المؤكد أن تناول مضادات الأكسدة محافظ جيد للصحة العامة، أيضا يقى من الشيخوخة وكثير من الأمراض.

أصبح فى حكم المؤكد ارتباط الصحة العامة للرياضى بتناوله كميات مناسبة من مضادات الأكسدة

معظم الباحثين الذين أجروا بحوثهم على اللاعبين ، سواء فى الرياضات العنيفة كرفع الأثقال والمصارعة والجودو أو فى رياضات الجرى ، لاحظوا أن استجابة الجسم لهذا المجهود البدنى سوف تتكون معه شقوق طليقة ، وفى نفس الوقت ينتج الجسم أيضا مقاومات الأكسدة اللازمة لذلك التكون ، ولكن ما يشغلنا ـ هنا ـ هو ما هى الأنواع المناسبة من المواد الغذائية ، التى تساعد جيدا ولها دور فعال فى مقاومة عمليات الأكسدة التى تتبع المجهود البدنى ، وما هى الكمية المناسبة، والتى تتناسب مع طبيعة حجم وشدة التدريب ، أيضا ما هى المواد الغذائية وكميتها التى يجب أن يتناولها اللاعب أثناء فترة الاستشفاء.

إذا فالتوصية بنوع وكمية مضادات الأكسدة ـ التى تتناسب مع التدريب البدنى شدة وحجما ـ من الأمور غاية فى الصعوبة ؛ حيث إن نتائج الأبحاث على مستوى العالم لم تخلص جميعا إلى تحديد نوع واحد يؤدى النتيجة المرجوة ، ولكن تعددت النتائج واختلفت التوصيات ؛ وذلك نظرا لتعدد الأنشطة واللاعبين، والظروف المناخية ، والبعد والقرب من سطح البحر ، وعوامل كثيرة جعلت تلك المهمة غاية فى الصعوبة .

لذا ؛ فنحن فى هذا الجزء سنستعرض سويا مجموعة من نتائج الدراسات والبحوث ، التى أجريت بهدف تحديد جرعة مناسبة من مضادات الأكسدة .

ويوضح الجدول التالى أهم مضادات الأكسدة ، التى تم إمداد الرياضيين بها ، وآليات هذه المضادات فى مواجهة الشقوق الطليقة المختلفة ومصادرها الغذائية والجرعات التى يوصى بها ، فمن الواضح أن الإمداد بمثل هذه المضادات يجب أن يكون قبل الأداء الرياضى بفترة كافية لا تقل عن ساعتين ؛ حتى يمكن للجسم الامتصاص وتوزيع هذه المضادات على الخلايا ؛ لكى تكون آليات مواجهة هذه الشقوق جاهزةً للعمل ؛ مما يمكن من منع أو إزالة أو إصلاح العطب الناتج من الشقوق الطليقة ، علما بأنه لا بد من توخى الحذر فى تناول تلك المضادات ؛ حيث إن الإفراط فى تناولها يضر بالجسم أكثر من إفادته .

**« تأثير مضادات الأكسدة ومصادرها الأساسية للرياضيين »**

| المضافات الغذائية | الفعل المتوقع حدوثه والتأثير | المصادر |
|---|---|---|
| ١- مجموعة مضادات الأكسدة | | |
| ١ - فيتامين C | مضاد للأكسدة ويعمل أساسًا على تجديد الصورة المختزلة لفيتامين E ، كما أنه يعمل على تخفيض الألم السريع والتآم الألياف العضلية بعد التدريبات العنيفة ، حيث إنه هام لصحة الكولاجين وبعض البروتينات الأخرى ، كما يساعد فى كسر سلسلة التفاعل للأكسدة الدهنية - يقلل من نشاط الجلوتاثيون - كما يلعب دوراً أساسيًا فى تكوين الكولاجين أيضًا ، يساعد على امتصاص وتحويل الحديد إلى شكله التخزينى - يستمر معدله ثابتًا فى الجسم لمدة ٢٤ ساعة بعد التدريب الشاق - يعتبر مفيدًا خلال مرحلة الاستشفاء (٤٨ :٦٢٧ - ٦٤٧ ) (٣٩) (٦٤) . | البرتقال - الليمون - الخوخ - الفراولة - الموز - الجريبفروت - القرنبيط - الخس - الطماطم - البطاطس. الجرعة من : ١٠٠ إلى ٣٠٠ ملليجرام يوميًا. |

| | | |
|---|---|---|
| ٢ ـ فيتامين E | مضاد للأكسدة ؛ حيث إنه يمنع التفاعلات المتسلسلة للأكسدة الفوقية للدهون وخاصة أنه من الفيتامينات المحبة للدهون ، ويوجد معها أينما كانت ، كما أنه يساعد على سرعة الشفاء خاصة مع الأداء البدنى بالمرتفعات (٦٤) (٧٨) (٦٣) (٣٦) . | البندق ـ حبوب القمح ـ الخضروات ـ زيت كبد الحوت ـ المشمش ـ البيض ـ الأرز ـ الزيوت النباتية ـ اللبن .<br>الجرعة من ٢٥ إلى ٣٠ ملليجراما . |
| ٣ ـ فيتامين A | وله فعل مضاد للأكسدة بنفس طريقة فيتامين E، ولكن فى الأنسجة ذات الأكسجين المنخفض ( ٤٦ ) ( ٤٧ : ٧١٠ ـ ٧٥٣ ) (١٩). | الكبد ـ بيض البط ـ اللبن ـ الزبد ـ السبانخ ـ الكرات ـ الطماطم ـ الخوخ ـ السمك ـ الخضروات الصفراء ـ الفواكه .<br>الجرعة ١ ملليجرام . |
| ٤ ـ الزنك | له فعل مضاد للأكسدة ، خاصة أنه عامل مساعد لإنزيم السوبر أكسيد ديسميوتاز ، كما أنه هام لصحة الكولاجين ، وهام جدا لفعل الأنسولين ، ومن ثَـمَّ إنتاج الطاقة (٦٠) (٤٧: ٧١٠ ـ ٧٥٣ ) ( ٦٤ ) . | اللبن ـ الكبد ـ اللحم .<br>الجرعة ١٥ملليجراما . |
| ٥ ـ النحاس | وهو كذلك مضاد للأكسدة كعامل مساعد بروتينات عديدة ، مثل : إنزيم السوبر أكسيد ديسميوتاز والسيريوبوبلازمين والميتالوثايونين (٦٠) (١٩) (٤٧ : ٧١٠ ـ ٧٥٣ ) . | الكبد ـ الأوراق الخضراء ـ اللحم ـ البندق ـ السمك .<br>الجرعة ٣ملليجرامات . |
| ٦ ـ مساعد أنزيم Q10 | رغم أنه يعمل أساسًا كوسيط فى السلسلة التنفسية ، ومن ثم فأهميته القصوى إنتاج | ١٠٠ ملليجرام / يوم |

| | | |
|---|---|---|
| | الطاقة إلا أنه ـ كحامل للهيدروجين ـ له فعل مضاد للأكسدة كذلك (٣٦) (٥١) . | |
| ٧ ـ السيلنيوم | ويعمل كمساعد إنزيم لإنزيم جلوتاثيون بيراكسيديز وهو من أهم الإنزيمات التى تواجه الشقوق الطليقة الأكسجينية والدهنية (٣٨) (٤٩) (٣٩) (٧٦) . | الأوراق الخضراء ـ اللحم ـ اللبن ـ البصل. الجرعة ٥٥ ملليجراما للبالغين . |
| ٨ ـ أسيتايل سستين N-ACETYL - CYSTEINE | هو مضاد للأكسدة ، وهام جدا لتصنيع الجلوتاثيون ، فهو مضاد للأكسدة من نفسه (٦٦) . | واحد جرام على أربع جرعات يوميا . |
| **٢ ـ المجموعة المتعلقة بإنتاج الطاقة** | | |
| ١ـ السيترات | وهى وسيط هام جدا فى سلسلة تفعلات كربس المنتجة للطاقة (٤٤) (٣١) . | ٥٠٠ ملليجرام / كجم لمدة أسبوع . |
| ٢ ـ الحديد | بالرغم من أنه من المحفزات لإنتاج الطاقة فإنه فى الصورة المحبوسة مع البروتين ، كما هو فى الهيموجلوبين الميوجلوبين له أهمية قصوى ؛ لحمل الأكسجين وكذلك إنتاج الطاقة ؛ حيث إنه عامل مساعد لإنزيمات السلسلة التنفسية وإنزيم الكاتاليز المضاد للأكسدة (٤٧ : ٧١٠ ـ ٧٥٣ ) (٣٩) . | ١٠ ـ ١٥ ملليجراما. |
| ٣ ـ الكرياتين أحادى الماء | يعمل فى صورة الكرياتين أحادى | ٢٠ جراما / يوم |

| | | |
|---|---|---|
| | الفوسفات كشكل تخزينى للعضلات أثناء الراحة ، ومن ثم فإنه يكون هاما جدا فى الأداء البدنى العنيف ذى المدة القصيرة أو فى الرياضات المتبادلة بين أداء بدنى ضعيف وعنيف (٥٦) (٣١) (٢٨) . | |
| ٤ ـ الكرميوم | يعمل على زيادة حساسية الأنسولين له ، كما يحفز التفاعلات تحت هذا المستقبل (١٦). | حتى ٢٠٠ ملليجرام |
| Q10 ـ ٥ | كما ذكرنا سابقًا فهو من العوامل المضادة للأكسدة فهو مهم لإنتاج الطاقة لكونه وسيطا فى السلسلة التنفسية . | |
| ٦ ـ ل كارنتين L - CAR-NIETN | هذا المركب لا يمكن الاستغناء عنه ؛ لنقل الأحماض الدهنية متوسطة وطويلة السلسلة إلى داخل الميتوكندريا ؛ لحرقها لإنتاج الطاقة فى المرحلة الهوائية من الأداء البدنى ونقصه يؤدى إلى الشد العضلى المبكر (٣١) (١٩) . | ٢ ـ ٢٠ جرام/يوم |
| ٧ـ الدهون الثلاثية السلسلة متوسطة الطول | هى مصدر أولى للأحماض الدهنية متوسطة السلسلة ، والتى تستخدم لإنتاج الطاقة فى المرحلة الهوائية للأداء البدنى (٥٥) (١٨) . | ٣٠ ـ٨٥ جرام فى ٢ ـ٣ ساعات . |
| ٨ ـ الفوسفور | هو عنصر غاية فى الأهمية فى عمليات إنتاج الطاقة حيث إن الصور النشطة للسكريات الأحادية لا بد أن تكون فوسفاتية، كما أن صورة تخزين الطاقة فى | ١٠٢ جرام أو أكثر فى اليوم متناسبة ١ : ٢ مع الكالسيوم . |

| | | |
|---|---|---|
| | صورة ATP ، والكرياتين أحادى الفوسفات تتطلب كمية كبيرة من هذا المعدن ، كما أنه مهم جدا لصحة العظام ، ومن ثم الكتلة العضلية المرتبطة بها (٣٢) (٢٦) . | |
| ٩ ـ البيروفيك | وهو وسيط فى الأكسدة اللاهوائية والهوائية للسكريات ، ومن ثَمَ فهو مهم فى إنتاج الطاقة ، كما أنه يساعد على التخلص من الأمونيا الزائدة فى العضلات ؛ حيث يتحول إلى الحمض الأمينى الألنين (٧٣) . | ١٥ ـ ٥٠ جراما |
| ١٠ ـ فيتامين ب المركب | أعضاء هذا الفيتامين الذائب فى الماء فى غاية الأهمية لجميع التفاعلات الأيضية ، خاصة المنتجة للطاقة ، كما أن بعض أعضائه مثل : B12 ، وحمض الفوليك غاية فى الأهمية لصحة الخلايا (٦٤) (٦٣) (٤٨ : ٦٢٧ ـ ٦٤٧ ) . | حمض النيكوتينيك ٢٠ ملليجراما والـ B2 ٢ ملليجرام والفوليك ٢٠٠ ملليجرام . |
| ١١ ـ الإينوزين | وهو محفز لإنتاج الطاقة ؛ حيث إنه المادة الأولية لتصنيع الـ ATP ، كما أنه محفز قوى لإنتاج الجلسريك ثنائى الفوسفات ، وهو محفز قوى أيضًا لتحرير الأكسجين من الهيموجلوبين فى الأنسجة الطرفية (٦٨) . | ١ جرام / يوم |
| ١٢ ـ الكافيين | وهو محفز لإنتاج الطاقة ؛ حيث إنه من أقوى العوامل الغذائية على تحفيز حرق الدهون (١٠) (٢٩) . | ٧,٥ ملليجرام / كجم |

| ٣ ـ العناصر المرتبطة بالتنبيه العضلى العصبى | | |
|---|---|---|
| ١ ـ الماغنسيوم والصوديوم ـ البوتاسيوم ـ الكالسيوم | التوازن بين هذه العناصر يحكم كفاءة نقل النبضات العصبية على طول الألياف العصبية، كما يحكم كفاءة التنبيه العصبى العضلى (٣٩) (٤٧ : ٧١٠ ـ ٧٥٣) . | نصف جرام ماغنسيوم ٧ : ١,١ جرام صوديوم ١٠ : ١,٩ جرام بوتاسيوم . |
| ٢ ـ الأحماض الأمينية مثل : حمض الجلوتامين ، التربتوفان | هذه الأحماض الأمينية يصنع منها الموصلات الكيميائية العصبية ، مثل : السيروتونيم والجلوتامين والجاما أكينونيوتريت ( ٧ : ١ـ ١٤ ) ( ٤٨ : ٦٢٧ ـ ٦٤٧) (٦٩) . | ٢٤٠ : ٤٠٠ ملليجراما . |
| ٣ ـ فيتامين ب المركب | العديد من أعضاء هذا الفيتامين لها أهمية قصوى فى صحة الأعصاب وكفاءة نقل الومضات الكهربائية للعضلة . | |
| ٤ ـ العناصر المحفزة للالتآم تلف ألياف العضلية | | |
| ١ ـ بيكربونات الصوديوم | خاصة فى الأداء البدنى العنيف ، ذى المدة القصيرة أو المتوسطة ، والذى يؤدى إلى تراكم مستوى من أيون الهدروجين ، والذى قد يؤدى إلى زيادة فرصة تلف العضلات ، كما يؤدى إلى تثبيط إنتاج الطاقة ، كما يشابه ذلك فعل كل من الفسفور والسيتريت (٣٢). | ١٥٠ ملليجراما /كجم |
| ٢ ـ الأحماض الأمينية متفرعة السلسلة | معظم هذه العناصر تعمل كدلائل على زيادة معدل تلف العضلات أو تعمل كوحدات لتصليح هذا التلف ، ومن ثم | ١٠ : ٢٠ جراما من الأحماض الأمينية والأنوسين ١ جرام / |

| الأرجنين ـ البيدهيدوكسى ـ بيتا ميثا بيوتيريت□□□ الونسين . | فجميعها هام جدا ؛ لتقصير فترة الاستشفاء من المجهود البدنى (١٢) (٩) (٢٠) (٥٨) (٤٠) . | يوم وHMB حتى ٦ جرامات / يوم . |
|---|---|---|
| ٥ـ المجموعة المناعية | | |
| مثال شبيهات الكوليسترول النباتية والجلوتامين ـ الجينسينج الآسيوى والأمريكى . | تعمل هذه العناصر على تحفيز الجهاز المناعى المصاحب للأداء البدنى ، وبالتالى فهو يمنع الإصابة للمناطق التالفة فى العضلات ، والتى تكون عرضة لمثل هذه الإصابات ، كما أن الجلوتامين هو مصدر الطاقة الرئيسى للخلايا المناعية (١٣) (٨) . | فى حدود حتى ٦٠٠ ملليجرامات / يوم . |

إذا . . فمانعات الأكسدة لها دور هام فى حماية الجسم من أكثر من ٦٠ مرضا ، أمكن حصرها الآن ، فهى ( مغاسل كيميائية ) تعمل على إطفاء النار الكيميائية المشتعلة داخل العضلات ، فهى تشمل جميع إنزيمات موانع الأكسدة ، مثل الجلوتاثيون بروكسيديز والسوبر أكسيد ديسميوتاز والكتاليز وفيتامين C و E ، والبيتا كاروتين وكيو ١٠ ، وكلها مانعات تأكسد فعالة (٨٢) ( ٥٧) (٣٣) .

غير أنه يجب أن لا ننسى أنه فى حالة الاستخدام غير الصحيح لمضادات الأكسدة ، والتى يمكن أن يتحول الزائد منها إلى شقوق طليقة ؛ ما دفع معظم الدراسات والبحوث التى أوصت باستعمال مضادات الأكسدة أن يكون المستخدم على حذر ، فما زالت الدراسات تحت التجريب ؛ لتحديد الجرعات المناسبة ، ولكن أصبح من المؤكد أن استخدام تلك المضادات يساعد فى مقاومة الأمراض ، وصيانة الجسم البشرى من تلف الخلايا ؛ ولذلك يفضل دائما استخدام المصادر الغذائية الطبيعية لمضادات الأكسدة من خلال كثرة تناول الفواكه والخضروات الطبيعية دون اللجوء إلى العقاقير المحضرة .

هذا ، وسوف نتناول ـ فيمـا يلى بعد ـ العناصر الغذائية ، ومدى فـاعليتها فى مقاومة عملية الأكسدة أثناء التدريب البدنى :

**١ ـ فيتامين ك C :**

وهو المعروف بفـيتامين C ، والذى تم اكتشافـه عام : ١٩٢٨عن طريق العالم ألبيـر سزينت جـيوجى Albert Szent Gyorgl ، والحائز لجـائزة نوبل : ١٩٧٦ ، وفى حين اخـتلفت نتائج الأبحـاث حول الأثـر الذى يحدثه هذا الفـيتـامين على تكوين الشقـوق الطليقة ، فـإن التجارب الحـديثة قد أكـدت أنه يمنع تكوين تلك الشقـوق الطليقـة ، والمتسبب فـيهـا الأداء الرياضى ، وفى تجربة على عـشرة من الأفـراد الأصحـاء المذكور ، والذين تـراوح عمـرهم بين : ١٨ ـ ٣٠ سنة ، فى اختبـار على الدراجة الثابتـة إلى مستوى التـعب ، وقد أجرى هذا الاختـبار على نفس المجمـوعة مـرتين ، فى المرة الأولى تناول اللاعبـون ١,٠٠ ملليجـرام قبل الأداء لاختبار الدراجـة الثابتة ، وفى الاختبار الثانى تناولوا نفس الكمـية من عقار مهدئ ، وكـانت المقارنة هنا بين كمـية الشقوق الطليـقة المنتجة فى كل اخـتبار ؛ فوجدوا أن فـيتامين C قد قلل ـ بالفـعل ـ من كميـة تلك الشقوق بعـد التـمرين بدرجة كبيرة ، إضافة إلى أنه عنـد عدم تناول الجرعة من فيتامين C ؛ قد أدى إلى ارتفاع معدل توتر الأكـسدة أيضا بعد التمرين ،وإن إنتاج الشقـوق الطليقة قد قل باستخدام فيتامين C عما كان عليه قبل أداء الاختبار ، وفى دراسة أخرى أضافت ٢,٠٠ ملليجرام تناولت أفراد العينة قبل الاختبار ، وجدوا أن هذا التناول لم يمنع تكون الشـقوق الطليـقة ، ولكنه خـفض من مسـتويات توتر الأكـسدة أثناء فـترة الاستشفاء بعد الاختبار .

ولفيتامين ك C فوائد كثيرة ، مثل أنه يعمل على حماية الصحة بدرجة كبيرة ، بالإضافة إلى كونه مانعـا للتأكسد فعال وقوى ، أيضا فـهو يعمل على تجديد قدرة فيتامين E ، وأيضا فهو :

ـ يخفض خطر أمراض القلب .

ـ يخفض خطر أمـراض سرطان المعدة ، والمرىء ، والحنجـرة ، وتجويف الفم والبنكرياس .

ـ يخفض خطر ماء العين .

ـ يزيد المناعة من الأمراض المعدية .

ـ قد يخفض ضغط الدم العالى .

ـ مساعد على شفاء الجروح والنمو الجسمى .

فى دراسة عام : ١٩٩٧ ، فى مجلة الجمعية الأمريكية للشيخوخة Journal of The American Geriatric Society ، أجريت دراسة على ٤٤٢ فردا ، تتراوح أعمارهم بين ٦٥ ـ ٩٤ عاما على مستوى الذاكرة ؛ وجدوا أن هؤلاء الأفراد يتناولون فيتامين C & E ، والبيتاكاروتين Betacarotene ؛ مما أدى إلى تحسن مستوى التذكر وعدم إضعاف وظيفة العقل .

وفى دراسة أخرى أجريت على مجموعة من الأفراد ، يتناولون فيتامين C ، والجلوتاثيون المخفض ؛ فوجدوا أن لديهم القدرة على مقاومة تأثير الإشعاع الناتج عن ثقب الأوزون .

وبالطبع فنحن نجد هذا الفيتامين فى كل من : البرتقال ، والجريب فروت ، والفلفل الأحمر ، والكرز ، وعصير التوت ، والجوافة ، وكلها ـ والحمد لله ـ متوفرة فى بلادنا ، فلا تنسَ نصيبك منها ، كلما أمكنك !

**٢ ـ فيتامين هـ E :**

هذا الفيتامين ـ كما سبق وذكرنا ـ يعد عاملاً رئيسيا فى حماية أغشية الخلية ، فهذا الفيتامين يجلس فى الخلية كحارس أمين ، مستعد للانقضاض على الشقوق الطليقة ، ويسقط أفعالها المتسلسلة فيقضى عليها ، وبالطبع فمن الصعب أن يحصل الفرد على الجرعة الكافية له من هذا الفيتامين ، من خلال الغذاء اليومى العادى ؛ ولذلك يجب أن ينتبه الشخص لهذه العملية فيعمل جاهدا على استكمال جرعة مناسبة من هذا الفيتامين ، والتى يمكن أن يجدها فى : الزيوت النباتية ، والبندق ، واللوز ، وفول الصويا .

**دور فيتامين E فى منع ضرر التدريب الواقع على الدنا DNA :**

بالرغم من عوامل التلوث البيئى ، التى نتعرض لها بالإضافة إلى التعرض لضوء الشمس ودخان السجائر والملوثات الأخرى، وما تؤثر هذه العوامل من تلف

تدميرى لخلايا الدنا DNA ؛ مما يحث بعض الطفرات فى هذا الحمض النووى ؛ فتحدث الإصابة بالسرطان ، وكل هذه التغيرات تحدث بالطبع عن طريق التنفس ، الذى يتم فى جو غير صالح بالمرة ، ومن ثَمَّ تحدث الإصابة ، وتبدأ سلسلة من المتاعب ، قد تؤدى بحياة الفرد .

زيادة معدل التنفس أو العطش الأكسجينى أثناءالتدريب أو المنافسات المجهدة تتيح فرصة لتكون الشقوق الطليقة

وبالطبع فالفرد الرياضى عادة ما يزيد معدل تنفسه أثناء التدريب ، كاستجابة لحمل التدريب البدنى ، ومن ثَمَّ ففرص تكوّن الشقوق الطليقة أكبر أثناء الممارسة الرياضية ، وذلك بسبب سرعة وعمق التنفس ، وربما بسبب بعض حالات العطش الأكسجينى ، وهنا يمكن أن نؤكد على أن فيتامين E فى حالة هؤلاء الرياضيين هام وضرورى ليس من أجل استخدامه كغذاء ، ولكن بهدف مقاومة تلك الشقوق الطليقة ، التى تكونت أثناء النشاط .

أحد فرق البحث الألمانية قامت بإجراء تجربة على ثمانية أفراد ؛ لاختبار حقيقة أن الإفراط فى التدريب يدمر الدنا DNA ، تراوحت أعمار المختبرين الثمانية بين: ٢٩ ـ ٣٤ سنة ، قاموا بالجرى على الحصيرة المتحركة حتى الإجهاد ، استمر الاختبار حوالى ١٨ ق ، وبتحليل واختبار الدنا DNA ؛ وجدوا تلف هذه الخلايا

فى خمسة من أفراد العينة ؛ بسبب هذا التدريب ، بعد ذلك قدم لأفراد العينة ، الخمسة مركب كيميائى ، عبارة عن فيتامينات متعددة ومعادن متعددة كمكمل ، وبعد إعادة نفس روتين التدريب السابق ؛ زاد معه التلف لخلايا DNA ، وأرجع السبب فى ذلك - غالبا - إلى أن النحاس والحديد فى المكمل المتعدد من المعادن قد ساعدا على تولد الشقوق الطليقة .

وفى إحدى دراسات الجرى على المنحدرات ؛ وجد أن الألم العضلى متأخر الحدوث وتوتر الأكسدة الناتج عن التدريب البدنى قد انخفضا بشكل ملحوظ ، عند تناول جرعة من مضادات الأكسدة ، اشتملت على فيتامين E .

وفى إحدى الدراسات الأخرى تناولت العينة المكونة من خمسة أفراد آخرين جرعة مقدارها : IU٨٠٠ ، من فيتامين E ، مرة قبل أداء الاختبار على الحصيرة المتحركة ، والمرة الثانية بعد يوم من انتهاء الاختبار ، وقد أدى ذلك إلى الإقلال من معدل تلف الدنا DNA .

ولعل أكبر أثر تركته جرعة من فيتامين E ، كانت عندما تناولوا IU١٢٠٠ يوميا، لمدة سبعة أيام قبل أداء التدريب البدنى فى هذا الاختبار ، فقد منع الفيتامين E حدوث ضرر الدنا DNA فى أربعة من الخمس مختبرين ، بينما حدث الضرر لهذا الحامض النووى فى الفرد الخامس بقدر طفيف ، ولكن نحن نؤكد - فى كل الأوقات - أن هذه التجارب ليست نصيحة نهائية ، ولكن يجب استشارة الطبيب ؛ كى يقوم بالاختبارات اللازمة من أجل تحديد الجرعة وقت تناولها .

وعن دور حامض البيروفيك ، والذى يولد بالجسم أثناء عملية أيض الكربوهيدرات والبروتين ، اتجهت بعض الدراسات إلى التعرف على الدور الذى يلعبه هذا الحامض فى عملية إنقاص الوزن ، ففى إحدى الدراسات الطبية أثبتت أن تناول جرعة من : ٢٢ - ٤٤ جراما/ يوم ، أدى إلى تخفيض الوزن لنسبة الدهن فى الجسم ، وخاصة للذين يتناولون أغذية قليلة الدسم ، أجريت هذه الدراسات بالطبع على حيوانات التجارب ، ولكنها أوضحت أن تناول الإنسان لهذا الحامض بهدف إنقاص الوزن ليست تجارب نهائية ، ولم تصل إلى حيز التنفيذ حتى الآن .

أما عن دور حامض البيروفيك فى منع الأكسدة ، فإن الدراسات التمهيدية فى هذا الموضوع قد أوضحت أنه يعمل كمانع أكسدة ، ويوقف تكون الشقوق الطليقة الضارة ، كما أثبتت بعض الدراسات أنه قد يمنع النمو السرطانى فى الخلايا ، ولكن على أية حال فهى دراسات لم تُؤكد بعد .

ولكن مهما كانت النتائج التى توصل - أو سيصل - إليها الباحثون ، فهو حامض نمتلكه فى أجسامنا ، ونتناوله فى غذائنا اليومى ، فنحن نجده فى : التفاح الأحمر والجبن .

والإفراط فى الجرعات أو الزيادة فى تناول كمية كبيرة من البيروفيك ، قد تسبب الارتباك المعوى (غازات - انتفاخ - إسهال)، كما وجدت بعض الدراسات أن تناول البيروفيك بكمية كبيرة أدى إلى نقص الكوليسترول مرتفع الكثافة HDL ، خلال تناوله مدة شهر .

**أشهر الأطعمة المقاومة للأكسدة :**

**١ - الطماطم** : تعد صبغة اللايكوبين Lycopene ، المسئولة عن اللون الأحمر للطماطم ، لكنها - فى نفس الوقت - من مانعات الأكسدة القوية ؛ حيث إنها أقوى ١٠ مرات من البيتا كاروتين Betacarotene ، فمهما كانت طريقة تناول الطماطم إلا أن مادة اللايكوبين هذه مادة مقاومة للأكسدة بشكل قوى جدا ؛ حيث أثبتت بعض الدراسات أن اللايكوبين قد قلل مخاطر الإصابة بسرطان البروستاتة إلى الثلث .

**٢ - الثمار الحمضية** : مثل : البرتقال ، والليمون ، والجريب فروت ، وغيرها من المواد الحمضية ، فهى مقاوم جيد للشقوق الطليقة ، ولكن ينصح بتناولها طازجة أكثر منها فى أى شكل آخر ، ولو أن كثيرا من الدراسات قد أثبتت أن عملية العصر لتلك الفواكه تفقدها جزءا من فاعليتها .

**٣ - الشاى** : للشاى - سواء الأسود أو الأخضر وشايات الأولونجو Oolong - ملكية خاصة من مانعات الأكسدة ، إلا أن الشاى الأخضر يتمتع بملكية خاصة جدا ، فهو يحتوى على مانع تأكسد يدعى كاتشين Catechin ؛ مما أكسبت الشاى الأخضر حوالى ٤٠٪ أكثر من الشاى الأسود ، الذى يمتلك ١٠٪ فقط فى مقاومة الأكسدة .

٤ ـ **الجزر** : تعد الصبغة البرتقالية الموجودة فى الجزر أو الخضار البرتقالى والأخضر الغامق والأصفر غنية بالبيتاكاروتين ، الذى يعد مانعا للتأكسد قويا ، ومن الأشياء المقاومة للشقوق الطليقة ، كما أنه مقاوم جيد للسرطان ، وخاصة سرطان الرئة ، والمشاكل القلبية الوعائية ؛ حيث خفضت نسبة مشاكل القلب بـ ٥٠٪ ملليجرام يوميا ، كما يشمل المشمش والقرنبيط والمانجو والسبانخ واللفت والبطاطا .

### احذر اللحوم والأغذية المصنعة :

تتفق العديد من الدراسات على أن الأغذية المصنعة محفز جيد لتكوين الشقوق الطليقة ؛ فهى تحتوى على مواد حافظة وإضافات مكسبات الطعم واللون ، علاوة على الملوثات من وسائل التعليب ، والنشاط اللاهوائى للبكتيريا .

وللأسف الشديد يميل كثير من الرياضيين وخاصة الناشئين منهم إلى تناول الأغذية المصنعة والوجبات السريعة والتى يكون لها تأثير سلبى على الجسم لما فيها من مواد حافظة ومكسبات الطعم التى تزيد من الشقوق الطليقة وتؤثر سلبيا على مستوى الأداء الرياضى سواء فى التدريب أو المنافسة .

### نظام تدريب رياضى ومانع للتأكسد :

تحدث بالجسم العديد من ردود الأفعال الكيميائية الحيوية ، والتى تشير ـ عادة ـ إلى استجابة الجسم للنشاط البدنى ؛ ولذلك ـ وكما سبق وأشرنا إلى أن هناك عدة طرق متبعة فى تناول مانعات الأكسدة ـ فمن المهم مواجهة ردود أفعال الأكسدة ، وتجنب الأفعال المؤدية إليها ؛ ولذلك فردود أفعال الجسم والمزود بها طبيعيا ، والمكون من عدة فيتامينات وإنزيمات ومعادن ، فمثلاً الإنزيمات ، مثل : السوبر أكسيد دسمياتيز (SOD) ، فهو مانع تأكسد ، ولكن محفز لإنتاج $H_2O_2$ ، الذى هو ـ فى ذاته ـ مؤكسد ضعيف ، ولكن من الواضح أن العديد من الإنزيمات والفيتامينات فى حالة حرجة فى إبقاء مكانة مانع التأكسد الطبيعية للجسم .

فخلال معالجة الجسم لحالة إجهاد الأكسدة ، فالتمرين يزيد من تكون الشقوق الطليقة ، ويرتفع إنتاج الداهيد المالون ، وإنتاج البنتان بالتمرين ، والذى يمكن أن يكون مؤشرا لأكسدة الدهون .

ولكن السؤال الذى ليس له إجابة حتى الآن هو : هل نظام مانع الأكسدة الطبيعى بالجسم قادر على صد الزيادة فى التغيرات الكيميائية للأكسجين ؟

وللإجابة على هذا السؤال ، فقد أجريت العديد من الدراسات التى حاولت الإجابة عليه ، فمثلاً دراسة شايلد وآخرين . Chil et al : ١٩٩٨ ، التدريب الرياضى مرتفع الشدة ( الحاد ) يزيد من المقدرة الطبيعية لمقاومة الأكسدة بالجسم ، ولكن يرى بعض العلماء أن الزيادة فى قدرة الجسم الطبيعية ليست بالقدر الكافى ؛ لوقف إجهاد الأكسدة الدهنية Lipid Peroxidation ، وفى دراسة أخرى لمارزاتكو Marzatico : ١٩٩٧ ، والذى قام بقياس كل من مستوى البلازما D,MDA, SOD , GSH and Catalase (CAT) Lipid Peroxidation (فى ستة من لاعبى الماراثون ، وستة من لاعبى السرعة المدربين ، وأثبتت الدراسة ارتفاع MDA, SOD بنسب متساوية ، على الرغم من أن لاعبى المسافات الطويلة كان لديهم SOD مرتفع ، ولكن خلصت تلك الدراسة إلى أن التدريب على المسافات الطويلة، وأيضا تدريبات السرعة تدعم وتزيد من المقاومة الطبيعية بالجسم للأكسدة، وهذا يؤدى إلى مستويات متزايدة من توتر الأكسدة .

كما تذكر بعض الدراسات أن الإمداد بفيتامين E بالإضافة إلى قدرته على زيادة الـ Oxidative بالعضلات ، فهو يحسن مخزون الجسم من إنزيمات مانعات الأكسدة ؛ ولذلك فإن الإمداد بهذا الفيتامين هام جدا ، خاصة للاعبى التحمل .

## منزلة مانع التأكسد للرياضيين :

أجريت العديد من الدراسات كمية الفيتامينات التى يتناولها الرياضى ، سواء من الغذاء أو فى صورة مستحضرات طبية ؛ للتعرف على ما إذا كان الاستمرار فى التدريب المنتظم سوف يؤثر على مستويات الفيتامينات بشكل متساوٍ أم لا ، فقد وجدت تلك الدراسات أن معظم الرياضيين يبتلعون الكثير من العناصر المضادة للأكسدة بكميات كافية ، وفى فحص لعينات دم هؤلاء الرياضيين ؛ وجد أن أغلبهم يمتلكون كميات كبيرة من الفيتامينات المضادة للأكسدة ، عدا الرياضيين الذين يرغبون فى إنقاص وزنهم ، مثل : الراقصين ، ولاعبى الملاكمة ، والمصارعة ، وقد اعتقدت تلك الدراسات أن هؤلاء اللاعبين فى خطر ؛ لأنهم

مقيدون بمجموعة من السعرات الحرارية ، قد لا تفى باحتياجات الجسم من تلك الفيتامينات ، وخاصة فيتامين E ؛ لأنهم يعتمدون على الوجبات قليلة الدسم .

من ناحية أخرى ، فالممارسون للنشاط الرياضى من أجل الصحة لا بدَّ أن يتأكدوا من أنهم يملكون نظام مانعات تأكسد قوى وفعال ؛ حيث إنهم غير منتظمين فى الممارسة الرياضية بالشكل الذى يساعد على تكوين وتحسين هذا النظام الدفاعى ، وبالتالى فهم أكثر عرضة لضرر الأنسجة ؛ ولذلك فلا بدَّ أن يعرفوا - جيدا - أهمية تناول الفيتامينات المضادة للأكسدة ؛ كى تقاوم هذا التلف .





إهمال الشقوق الطليقة يتسبب فى الإصابة بالعديد من الأمراض والأعراض

## الشقوق الطليقة والمرض :

لا خلاف على أن تكوين الشقوق الطليقة عملية لا بدَّ من تكوينها ، ولأنها ذاتية التكوين ، وتتعامل أو تتكون فى الخلايا وفساد الحامض النووى DNA نتيجة هذا التكوين ، يجعل الجسم عرضة للإصابة بكثير من الأمراض ، التى لم تترك جزءا من الجسم إلا وتصيبه ، هذا فى حالة إهمال هذا التكوين للشقوق الطليقة ، وسيتم عرض أهم هذه الأمراض التى توصل إليها الباحثون ، وهى :

- أمراض القلب .
- **اعتلال عضلة القلب .**
- ارتفاع ضغط الدم .
- الذبحة الصدرية .
- موت الأنسجة بسبب تجلط الخلايا .
- أمراض الجهاز التنفسى : الحساسية ـ الربو .
- أمراض خلل التنفس فى البالغين والأطفال .
- السرطان : الدم ـ الأنسجة .
- أمراض الجهاز الهضمى وقرح المعدة والاثنى عشر .
- أمراض الكبد الالتهابية والمناعية ، والناتجة عن خلل إخراج العصارة الصفراوية .
- التهاب البنكرياس .
- أمراض الدم حساسية الفول ( فاسيزم ) الملاريا أنيميا الخلايا المنجلية .
- الأمراض المناعية ، مثل : الالتهاب الروماتيزمى للمفاصل ـ نقص المناعة المكتسبة ـ أمراض المناعة الذاتية الأخرى .
- أمراض السكر ومضاعفاته .
- الأمراض العصبية ، مثل : ضمور العضلات ، وأمراض الأعصاب المحركة.
- أمراض العين ، مثل : المياه البيضاء ـ إصابات الشبكية .

- الفشل الكلوى .

- أمراض الشيخوخة : النسيان - الخَرَف .

- أمراض عدم نضوج الأجنة .

- أمراض ضعف الخصوبة عند الذكور .

- الاكتئاب .

- نخر العظام .

- الشلل الرعاش .

- التهاب المفاصل الروماتيزمى .

- التهاب القولون التقرحى .

- التهاب المفاصل الضمورى .

- التهاب المفاصل الانحلالى .

- الإعياء المزمن .

- الصداع المزمن .

- ارتفاع مستوى الكوليسترول والدهون الثلاثية .

- زيادة إفرازات الغدة الدرقية .

- ورم الغدة النخامية .

**دليل القياس فى البحث العلمى فى حالات ضغوط الأكسدة والأداء الرياضى:**

ونحن - فى المجال الرياضى من العرض السابق - شديدو الحاجة إلى التركيز على دراسة موضوع الشقوق الطليقة بكثير من الاهتمام والتعمق ؛ لما يمثله حمل التدريب والمنافسة من ضغط على أجهزة الجسم ؛ ولذلك فسوف نعرض للعناصر التى تقاس فى الدم ، والتى تدلل على أهداف معينة ، من أهداف البحث العلمى، وهى :

- التغير فى مستوى دلائل الأكسدة ، وتشمل :

البنتان فى هواء الزفير ، وثنائى الداهيد المالون ، فى شكل الـ TBARS كدلائل متأخرة فى تدريبات التحمل ، والملتحمات ثنائية عدم التشبع والمحتوى الكلى للجلوتاثيون المؤكسد ، وهى دلائل مبكرة فى تدريبات السرعة ، وكذلك نواتج تفاعلات الإضافة على الحامض النووى اليؤكسيروبيوز DNA Adduct ، وكذلك المحتوى الكلى لكرات الدم الحمراء من الميتوهيموجلوبين ، والمحتوى الكلى من الحديد الحر فى الدم ، وهى دلائل أكثر تأخرا ، وأكسيد النيتريك ، وهو دليل مبكر جدا ، يليه الزيادة فى الملتحمات ثنائية عدم التشبع .

- التغير فى مستوى الدلائل المضادة للأكسدة ، وتشمل :

المحتوى الكلى للجلوتاثيون المختزل والمحتوى من كل من فيتامين هـ ، ج و أ ، ونشاط كل من إنزيم سوبر أكسيد ديسميوتيز والكتاليز وإنزيم اختزال الجلوتاثيون المؤكسد والجلوتاثيون بيروكسيديز وإنزيم ٦ فوسفات الجلوكوز دهيروجينيز .

- فى حالة الرغبة فى ربط دلائل الأكسدة بالإجهاد والاستشفاء :

- يمكن قياس إنزيم نقل الأمونيا بين الجلوتاميت والأكزالواستيت (GOT) ، وزانسين أكسيديز (Xanthine Oxidase) ، واللاكتيت (Lactate) ، والكرياتين كينيز العضلى (Creatine Kinase MM) ، وتركيز الهيدروجين فى الدم وتركيز حمض اليوريك فى الدم والجلوكوز بعد المجهود ، وعلى مراحل فترة الاستشفاء .

- لا يجب التركيز على طبيعة المصادر المختلفة للشقوق الطليقة ؛ حيث إنه لا يمكن السيطرة عليها من الخارج فى معظم الأحوال ، وإن كان بعضها مثل : زانسين أكسيديز يمكن تثبيطه من الخارج ، ومن ثَمَّ تحييد مصدر من المصادر الرئيسية للشقوق الطليقة أثناء الأداء البدنى ، ويجب عوضا عن ذلك التركيز على كفاءة مضادات الأكسدة الخارجية على كبح جماح هذه الشقوق ، ومن ثَمَّ على تحسين الأداء البدنى والمهارى ، وتسريع الشفاء وتقليل التلف العضلى .

- وتطبيقا لهذه التوصيات ، فقد قام عمر شكرى بإجراء بحث ، يعتبر من الأبحاث التى يمكن الاقتداء بعنوان : « عبء ضغوط الأكسدة والتدخين على دلائل الإجهاد العضلى أثناء حمل تدريبى مستمر » (٦١) ؛ حيث تم قياس جميع

دلائل الأكسدة وجميع دلائل مضادات الأكسدة ، كما تم قياس دلائل الإجهاد والتلف العضلى ، وتأثير التدخين على حجم التلف العضلى لدى الرياضيين مع حمل بدنى مستمر ، ولتحقيق هذا الهدف اشتملت القياسات على دلائل إجهاد العضلات ( مستوى البلازما من كل من : حامض اللاكتيك ـ إنزيم اللاكتيك دهيدروجينيز ـ والأكزانسين أكسيديز ) ، ودلائل ضغوط الأكسدة ( مستوى البلازما من كل من : التيبارز ـ أكسيد النتريك ـ والمحتوى الكلى للحديد ) ، ودلائل مضادات الأكسدة ( المحتوى الكلى المضاد للأكسدة فى البلازما ـ حامض البوليك ، فيتامين ج ـ المحتوى الكلى للزنك ـ إنزيم السوبر أكسيد ديسميتيز ) ، وكذلك فقد تم حساب معدل التدخين ومستوى البلازما من دليل التمثيل الأيضى للنيكوتين ( الكوتانين ) ، وذلك باستخدام تقنيات الامتصاص الذرى اللهبى الضوئى ، والقياس اللونى ، والقياس المناعى التنافسى الكمى ، وقد خلص البحث إلى النتائج التالية : حيث ظهرت فروق ذات دلالة إحصائية فى دلائل الأكسدة ، وإجهاد العضلات بعد التدريب ( المجهود ) ، وكذلك فقد كان هناك نقص جوهرى فى محتوى الزنك والسيلينيوم وفيتامين ج ، فى حين ظهرت زيادة تأقلمية فى المحتوى الكلى لمضادات الأكسدة ، وإنزيم السوبر أكسيد ديسميتيز ، وحمض البوليك بعد المجهود بالمقارنة بقياسات الراحة ، المجموعة المدخنة كان لديهم ضغط أكسدة أعلى من الدلائل المضادة للأكسدة التى انخفض معدلها بالمقارنة بغير المدخنين ، وهو ما يتمشى مع محتوى دمائه من الكوتانين ، والذى أظهر أكثر من خمسة أضعاف مستواه فى غير المدخنين ، وقد أظهرت قياسات الأداء البدنى والدورى التنفسى فروقا غير معنوية بين المدخنين وغير المدخنين ، وإن كان الأداء أفضل فى غير المدخنين .

خلاصة ذلك : أن ضغط الأكسدة وتوازنها مع مضادات الأكسدة يكون فيها خلل بالنسبة للمدخنين ، يزداد هذا الخلل بتعريض المدخنين إلى ضغوط التدريب المصحوبة بزيادة فى إنتاج الطاقة الهوائى ، مع أن ذلك لم ينعكس على الأداء التدريبى ، فإنه يتوقع أن يكون له أثر ملحوظ على المدى البعيد ، خلال فترة الاستشفاء؛ لذلك نحذر الرياضيين وغيرهم من أخطار التدخين على صحة الرياضى ومستوى الأداء بشكل عام .

تثبت تلك النتائج التى تم التوصل إليها ، أن الاعتماد على على متغير واحد أو دليل واحد من الدلائل قـد لا يفى بإعطاء صورة واضحة عن حـالات الأكسدة ، وكذا المضادة للأكسـدة الموجودة داخل الجسم ، وبالتـالى فإن الاستعـانة بأكثر من دليل يساعد فى تعضيـد النتائج لبعضها ، ومن ثَمَّ إعطاء صـورة واضحة عن حالة الجسم من الأكسدة وكذا مقاومتها .

**الاتجاهات الحديثة للبحث فى الشقوق الطليقة على المستوى العالمى خلال عام : ٢٠٠٢ :**


1 - Lee J. Goldfarb AH. Rescino MH. Hegde S. Patrick S. Apperson K. Eccentric exercise effect on blood oxidative - stress , markers and delayed onset of muscle soreness, Med Sci Sports Exerc : 2002 Mar , 34 (3) : 443 - 454 .

2 - Carmeli E. Coleman R. Reznick AZ . The biochemistry of aging muscle, Exp Gerontol : 2002 Apr, 37 (4) : 477 566. -

3 - Benitez S, Sanchez - Quesada JL , Lucero L, Arcelus R, Ribas V, Jorba O, Castellvi A, Alonso E, Blanco - Vaca F,Oronez - Lianos J, Changes in Low - density Lipoprotein electronegativity and oxidizability after aerobic exercise are related to the increase in associated non - esterified fatty acids. Atherosclerosis 2002 Jan, 160 (1) : 223 - 255 .

4 - Such L, Rodriguez A, Alberola A, Lopea L, Ruiz R, Artal L , Pons I, Pons ML, Garcia C, Chorro FJ, Intrinsic changes on automatism, conduction and refractoriness by exercise in isolated rabbit heart , J Appl Physiol : 2002 Jan, 92 (1) : 225 - 236 .

5 - Weiss C, Bierhaus A, Kinscherf R, Hack V, Luther T, Nawroth PP, Bartsch P, Tissue factor - dependent pathway is not involved in exercise - induced formation of thrombin and fibrin. J. Appl physiol : 2002 Jan , 92 (1) : 211 - 219 .

6 - Saengsirisuwan V, perez Fr, Kinnick TR, Henriksen EJ Effect of exercise training and antioxidant R-ALA on glucose transport in insulin - sensitive rat skeletal muscle . J Appl Physiol : 2002 Jan , 92 (1) : 50 - 58 .

## الخلاصة والتوصيات :

من الواضح أن الأداء البدنى يزيد من إنتاج الشقوق الطليقة ، والتى تؤدى إلى تلفت الخلايا ، وهذا من تأثير التحميل البدنى على اللاعبين ، والذى هو ضرورة حتمية للتدريب ، ولكن الاستشفاء من هذا التعب ، ولكى تكون فترة التدريب آمنة بالنسبة للاعب ، يجب التعرف الجيد على المراحل التى تتكون بها تلك الشقوق الطليقة ، أيضا من المعرفة الجيدة والتامة لكيفية مقاومتها ، وهنا تبرز أهمية مضادات الأكسدة ، والتى يجب أن يتناولها اللاعب بشكل صحيح ؛ حتى لا يتحول الزائد منها إلى شقوق حرة أخرى .

ولعل التقسيم الحديث الذى تناوله هذا البحث لآليات تكوين الشقوق الطليقة ، عاملاً هاما فى فهم طرق ووقت هذا التكوين ، ومن ثَمَّ يمكن مقاومته تبعا لنظام إنتاج الطاقة الذى يقع تحته نشاطه الممارس، كما يجب على المدربين مراعاة المرحلة التى تلى الانتهاء من النشاط الرياضى مباشرة ، وهى مرحلة إعادة الارتواء ؛ حيث إنها من أخطر المراحل التى يتكون بها شقوق طليقة ، والتى تستمر خلال فترة استشفاء اللاعب ، قد تستغرق عدة أيام بعد انتهاء التدريب ؛ حيث تتوقف تلك الفترة على شدة ونوع التدريب ، وبالتالى درجة التلف العضلى التى وصلت إليها العضلات .

وهنا تبرز أهمية التخطيط الجيد لتغذية اللاعب ، وأيضا تركيز الاهتمام نحو إمداد اللاعب بالمواد الغذائية ، التى تحتوى على فيتامين A-C-E ، بالإضافة إلى المواد الأخرى التى تعمل كمضادات أكسدة ، أما بالنسبة لحمل التدريب فيجب أن يُراعى أن اللاعب فى حالة بدنية تحتاج الحذر فى التعامل معها ، وبالتالى لا بدَّ من إجراء الكشف الطبى والمعملى ؛ حتى يمكن التأكد من أن اللاعب فى حالة بدنية كيميائية وفسيولوجية جيدة ؛ حتى نضمن الارتقاء بمستواه .

**- بالنسبة لممارسى الرياضة من أجل الصحة :**

فيجب الحذر فى تحميل الجسم لمتطلبات بدنية أكبر من إمكاناته؛ حيث إن ذلك ضار جدا بالصحة ؛ فلا يجب أن يقوم الفرد بأداء حمل بدنى لم يعتده الجسم ،

كذلك لا يجب أن يصل الفرد إلى حد الإعياء أو الإجهاد ، خاصة فى كبار السن .

يجب أن تشمل الوجبات الغذائية التى تسبق الممارسة الرياضية ، أيا كان مستواها على الخضروات الطازجة ، ذات اللون الأخضر الداكن والبرتقالى ، والموالح والزيوت النباتية ، وخميرة البيرة ، والحبوب الكاملة ، والثوم ، والشاى، على أن يتناولها اللاعب قبل المنافسة أو التدريب بساعتين على الأقل ؛ كى يتثنى امتصاصها وتوزيعها على خلايا الجسم .

ـ بالنسبة للباحثين فيجب :

ـ التركيز فى البحث على مرحلة إعادة مرحلة الارتواء، كإحدى المراحل الخطيرة لتكوين الشقوق الطليقة .

ـ التركيز فترة الاستشفاء ، والتى تصل من : ٣ إلى ٥ أيام فى بعض الأحيان؛ حيث تختلف تبعا لاختلاف شدة ونوع التدريب الرياضى .

ـ التركيز على تجريب أنواع مضادات الأكسدة ، وتحديد الجرعات المناسبة ، وأيضا الوقت المناسب للإمداد .

ـ الاهتمام بتصنيف الألعاب الرياضية الجماعية والفردية ، ومقارنة الاختلافات فى نوع وكمية الشقوق الطليقة المتكونة ، وأيضا التغير فى دلائل مضادات الأكسدة المكونة ، ومقارنتها بين الألعاب المختلفة .

# المراجع


**١ ـ أبو العلا عبد الفتاح :**

الاستشفاء فى المجال الرياضى ، دار الفكر العربى : ١٩٩٩ .

**٢ ـ أحمد صلاح عبد الحميد عبد الباقى :**

تأثير الجهد البدنى الأقصى على مستوى الشوارد الحرة وعلاقتها ببعض المتغيرات الفسيولوجية لدى الممارسين وغير الممارسين للنشاط الرياضى ـ رسالة ماجستير ـ كلية التربية الرياضية للبنين ، حلوان : ١٩٩٩ .

**٣ ـ أمانى أحمد إبراهيم :**

تأثير المجهود البدنى مرتفع الشدة على بعض دلالات ومضادات الأكسدة لدى متسابقى المسافات المتوسطة خلال الموسم التدريبى وعلاقتها بالمستوى الرقمى ـ رسالة دكتوراه ـ كلية التربية الرياضية للبنات ، جامعة حلوان : ٢٠٠١ .

**٤ ـ خالد جلال عبد النعيم :**

تأثير الحمل البدنى الهوائى واللاهوائى على إنزيم الجلوتاثيون كأحد مضادات الأكسدة وعلاقته بمستوى حمض اللاكتيك فى الدم ـ رسالة ماجستير ـ كلية التربية الرياضية للبنين ، جامعة حلوان : ١٩٩٩ .

**٥ ـ فاروق عبد الوهاب :**

الإنسان يحيا بالأكسجين ويموت بالأكسجين ـ نشرة ألعاب القوى ـ الاتحاد الدولى لألعاب القوى للهواة ـ مركز التنمية الإقليمى ـ القاهرة ـ العدد الحادى والعشرون : ١٩٩٨ ـ ٥٠ : ٥٣ .

٦ ـ محمد عبد الرحمن محمود على :

التغـيرات فى بعض دلائل ومضـادات الأكسدة وعـلاقتهـا بنتائج المبـارايات لدى لاعبى الجـودو ـ رسالة الدكـتوراه ـ كليـة التربيـة الرياضية ، جامعة حلوان : ٢٠٠١ .

7 - Antonio J, Street C, Glutamine : A Potentially Useful Supplement For Athletes Can J Appl Physiol ,1999, 24 : 1 - 14 . [ **Medline** ]

8 - Allen Jd, Mclung J, Nelson Ag, Welsch M : Ginseng Supplementation Does Not Enhance Healthy Young Adults , Peak Aerobic Exercise Performance . J Am Coll Nutr, 1998 : 17 : 462 - 468 . [**Medline** ]

9 - Bassit Ra, Sawada La, Bacurau Rf, et al : Upon The Immune Response of Triathletes , Med Sci Sports Exerc, 2000, 32 : 1214 - 1223 . [ **Medline** ]

10 - Bell Dg, Jacobs I, Mclellan Tm, Zamecnik J. Reducing : The Does Of Combined Caffeine And
Ephedrine Preserves The Ergogenic Effect . Aviat Space environ med, 2000, 71' 415/424 . [ **Medline** ]

11 - Bixby Wr, Spalding Tw, Hatfield Bd: Temporal Dynamics And Dimensional Specificity Of The Affective Respone To Exercise Of Varying Intensity : Differing Pathways To A Common Outcome J Sport & Exerc Psych , 2001 , 23 : 171 - 190 . [**Medline** ]

12 - Blomstrand E, Hassmen P, Ek S, et al . Influence Of Ingesting A Solution Of Branched - Chain Amino Acids On Perceived Exertion During Exercise, acta Physiol Scand, 1997, 159 : 41 - 50 . [ **Medline** ]

13 - Bouic Pjd, Clark a, Lamprecht J, et al . The Effect of B- Sitosterol (Bss) And B- Sitosterol Glucoside (Bssg) Mixture On Seleted Immune Parameters Of Marathon Runners : Inhibition Of

Post Marathon Immune Suppression And Inflammation . Int J Sports Med, 1999, 20 : 258 - 320 . [ **Medline** ]

14 - Brites, Fd, Evelson Pa, Christiansen Mg, Nicol Mf, Basilico Mj, Wikinski Rw , And Llesuy SF. Soccer Players Under Regular Training Show Oxidative Stress But An Improved Plasma Antioxidant Status. Clin Sci (Colch) 96 : 381 - 385, 1999 . [**Medline** ]

15 - Castell Lm, Newsholme Ea. Glutamine And The Effects Of Exhaustive Exercise Upon The Immune Response. Can J Phsiol Pharmacol,1998,76:524- 556 [ **Review ].**

16 - Campbell Ww, Joseph Lj,Davey SI, et al. Effects Of Resistance Training And Skeletal Muscle In Older Men J Appl Phsiol , 1999, 86:29-39 [ **Review ].**

17 - Chandan K Sen And Lester Packer : Thiol Homeostasis And Supplements In physical Exercise, Am. J. Clinical Nutr, 2000 Vol . 72, No: 2, 653s- 669s, **[Review].**

18 - Coyle Ef, Jeukendrup Ae, Wagenmakers Ajm, Saris Whm. Fatty Acid Oxidation Is Directly Regulated By Carbohydrate Metabolism During Exercise. Am J Physiol, 1997, 273 : E26-343 . [ **Medline** ]

19 - Clarkson Pm, Micronutrients And Exercise : Anti - Oxidants And Minerals . J Sports Se, 1995 , 13 : S11- 24 [ **Review** ] **.**

20 - Davis Jm, Welsh Rs, De Volve Kl, et al . Effects Of Branched - Chain Amino Acids And Carbohydrate On Fatigue During Intermittent, High Inensity Running. Int J Sports Med, 1999. 20 : 309-323 **[Review] .**

21 - Dekkers Jc, Van Doornen Lj, Kemper He . The Role Of Antioxidant Vitamins And Enzymes In The Prevention Of exercise - Induced Muscle Damage. Sports Med, 1996,21(3) : 213-251 [**Review ].**

22 - Doctor Gorge . Com : Athletic Corrosion, By Chat Talosing, (Net) Http : // WwwDoctorgoorge. Com / Article php ? Sid = 669 , 2001 Anetfx - Production .

23 - Dufaux B, Heine O, KOthe A, Prinz U, Rost R. Blood Glutathione Status Following Distance Running . Int J Sports Med , 1997 , 18:89 - 93 . **[ Medline ] .**

24 - Edward F Copyl : Physical Activity As A Metabolic Stressor . Am J. Clinical Mutri, 2000 , 72 (2) 512s - 520s **[Review] .**

25 - Ekkekakis P, Hall Ee, Petruzello Sj . Intensity Of Acute Exercise And affect : A Critical Reaxamination Of The Dose - Response Relationship. Med Sci Sports Exerc, 2001, 33: S50. **[Review] .**

26 - Galloway Sd, Tremblay Ms, Sexsmith Jr, et al, The Effect Of Acute Phosphate Supplementation in Subject of Different Aerobic Fitness Levels Eur J Appl Physiol, 1996, 72: 224- 254. **[Review] .**

27 - Girotti, A. W , Lipid hydroperoxide generation, turnover, and effector , action in biological systems . J . lipid res , 1998 Vol . 39, 1529-1542. **[Review] .**

28 - Grindstaff pd, Kreider R, Bishop R, et al . Effects Of Creatine Supplementation on Repetitive Sprint Performance And Body Composition in Competitive Swimmers . Int J Sports Nutr, 1997 , 7 : 330 - 376. [Review] .

29 - Graham Te, Hippert E, Sathasivam P, Metabolic and Exercise Endurance Effects Of Coffee and Caffeine Ingestion . J Appl Physiol, 1998, 85 : 883-892. **[Review] .**

30 - Hawley Ja, Schabort Ej, Noakes Td, et al. Carbohydrate - loading and Exercise performance, An Update, Sports Med, 1997, 24, 73-81, **[Review] .**

31 - Heinonen Oj, Carmtine and physical Exercise , Sports Med. 1996 . 22: 109 - 141 **[Review] .**

32 - Horswill Cam Effects Of Bicarbonate , Citrate, and phosphate Loading on performance , Int J Sports Nutr, 1995. 5 : s111-120. **[Review] .**

33 - Jacobs Ka, Sherman Wm, The Efficacy Of Carbohydrate Supplementation and Chronic High - Carbohydrate Diets For Improving Endurance performance . Int J Sports Nutr, 1999, 9 : 92 - 115 . **[Review] .**

34 - Jeukendrup Ae, Saris Wh, Wagenmakers Aj, Fat Metabolism During Exercise A Review - Part Lii : effects Of Nutritional Interventions, Int J Sports Med, 1998 Aug, 19 (6) : 371-380 **[Review] .**

35 - Ji Li, Leeuwenburgh C, Glutathione and Exercise In Somani Sm , Ed pharmacology In Exerchse and Sports, Boca Raton, Fi : Cre Press, 1996, 1833-1867. **[Review] .**

36 - Kaikkonen J, Kosonen L, Nyyssonen K, et al, Effect Of Compined Coenzyme Q10 and D- Alpha - Tocopheryl Acetate Supplementaion on Exercise - Induced Lipid peroxidation and Muscular Damage : A Placebo - Controlled Double - Blind Study in Marathon Runners, free Radic Res, 1998, 29:85-92 **[Review] .**

37 - Kanter M, free radicals Exercise and Antioxidant Supplementation, Proc nutr Soc, 1998, 57: 0 - 13 **[Review] .**

38 - Kelly Gs, Sports Nuition : A Review of Selected nutritional Supplements for Bodybuilders and Strength Athletes. Alt Med Rev, 1997, 2 : 184-201 **[Review] .**

39 - Kelly Gs , Sports Nutrition A Review of Selected Nutritional Supplements for Endurance Athletes, alt Med Rev , 1997, 2: 282-377 **[Review] .**

40 - Kreider Rb, Ferreira M, Wilson M, Almada Al . Effects of Calcium Beta- Hydroxy - Beta - Methylbutyrate (Hmb) Supplmentation During Resistance - Training on Markers of Catabolism, Body Composition and Strength, Int J Sports Med, 1999, 20 : 503 - 512 . **[Review] .**

41 - Laaksonen De Atalay M, Niskanen L, Uusitupa M, Hanninen O, Sen Ck. Blood Glutathione Homeostasis As A Determinant of resting and exercise - Induced oxidative Stress In Young Men , Redox Rep , 1999, 4:53-62 **[Review] .**

42 - Lawson DI, Mehta JI: effects of Exercise - Induced Oxidative Stress on Nitric Oxide Release and Antioxidant Activity. Am J Cardiol, 1997, 80 : 164- 1842 **[Review] .**

43 - Lee J, Goldfarb Ah, Rescino Mh, Hegde S. Patrick S, Apperson K. Eccentric Exercise Effect on Blood Oxidative - Stress Markers and Delayed Onset of Muscle Soreness, Med Sci Sports Exere . 2002 Mar, 34(3) : 334 - 451 . **[Review] .**

44 - Linossier Mt, Dormois D, Bregere P, et al , Effect of Sodium Citrate on Performance and Metabolism of Human Keletat Muscle During Supramaximal Cycling Exercise , Eur J Appl Physiol , 1997. 76 , 48-54 . **[Review] .**

45 - Mayes P A : Biological Oxidation , In : Harpers Biochemistry ( Murray RK , ) Lange , 2000 CA , USA, Chapter 13, pp 130 - 136 . **[Review] .**

46 - Mayes P A : Structure and Function of The Lipid - Soluble Vitamins In : Harper s Biochemistry ( Murray R K , Granner D K , Mayes P A and Rodwell V W , Eds ) . 25 Th Ed , Appelton and IAnge, 200 , CA , USA , Chapter 53 , pp 648 - 709 . **[Review] .**

47 - Mayes P A : Nutrition In : Harper s Biochemistry (Murray R K , Granner DK , Mayes PA , and Rodwell V W , eds ) , 25th ,

Appleton and Lange , 2000 , CA USA, Chapter 54 , pp 653 - 714 . **[Review] .**

48 - Mayes P A : Structure and Function of The of The water - Soluble Vitamins In , Harper s Biochemistry ) Murray RK , Granner DK ,Mayes PA and Rodwell V W , Eds ) , 25 th Ed , Appelton and Lange ,200 , CA , USA , Chapter 52 , pp 627 - 668 .

49 - Margaritis I, Tessier F , Prou E, et al . Effect of Endurance Training on Skeletal Muscle Oxidative Capacities Training on Skeletal Muscle Oxidative Capacities Weith and Without Selenium Supplementation , J Trace Elem Med Biol , 1997 , 11 : 37 . **[Review] .**

50 - Margaritis I, Tessier F, Richard M-J and Marconnet P, No. Evidence of Oxidative Stress After A Triathlon Race In Highly Trained Competitors, Int J Sprts Med 18 : 186 - 190 . 1997 . **[Medline] .**

51 - Malm C, Svensson M, Ekblom B, Et . Effects of Ubiquinpne - 10 Supplementation and High Intensiry Training on , Physical performance In Humans, Acta physiol Scand 1997 , 161 : 379 - 463. **[Medline] .**

52 - Members of the department of biochemistry : Biolobical Oxidation , In : Review Of medical biochemistry , Vol . 1 , Chapter 1 , pp1 - 20 , 2002 , Assiut Univ.

53 - Members of the department of Biochemistry : free radicals and Antioxidants In , review of medical biochemistry , Vol , 2 . chapter 3 , pp 125 - 140 , 2002 , Assiut Univ.

54 - Members of the department of biochemistry : Biological Membrance In : Review of Medical biochemistry , Vol , 3 , Chapter 6, pp 200 - 210 , 2002 , Assiut Univ.

55 - Murray RK : Muscle and The The Cytoskeleton in : Harper s Biochemistry ( Murray R K , Granner D K, Mayes P A and Rod-

well V W , eds ) , 25 th Ed , Appleton and Lange , 2000 , C Am USA Chapter 58, pp 636 - 715 .

56 - Mujika I , Padilla S, Creatine Supplementation As An Ergogenic Aid for Sports Performance In Highly Trained Athletes : A Critical Review . Int J Sports med 1997 , 18 : 407 - 491 **[Review]**

57 - Nissen S, Sharp R, Ray M, et al . Effect of Leucine Metabolite beta - hydroxy - Beta - methylbutyrate on muscle Metabolism During Resistive - exercise Training J Appl Phys 1996 : 81 : 2095 - 2199 . **[Medline].**

58 - Navarro E, Schrdr H et al. : Nutrition Antioxdants Status and Oxidative Stress In Professional Basktball Players : Effects of A Three Compound Antioxidants Supplement , Int J Sports Med , 2000 , 21 L pp 146 - 150 .**[Medline].**

59 - Okamura K, Doi T , Hamada K , et al . Effect of Repeated Exercise on Urinary 8 - Hydroxy - Deoxyguanosine Excretion In Humans , Free Radic res 1997 , 26 : 507 - 521. **[Medline].**

60 - Omar Sh, Tarek H , Abdel - Raheem M , Mamdouh M , Impact of Oxidative Stress and Smoking on Muscle Fatigue markers During A Single Bout of Exercise Assiut Med J , vol , 25 , No . 3 , 2001 , pp 39 - 52 . **[Medline].**

61 - O rtenblad N, Masen K, djurhuus Ms , Antioxidant Status and lipid Peroxidation After Short - Term maximal Exercise In Trained and Untrained Humans , Am J Physiol 1997 , 272 : pp 1258 - 1321 . **[Medline].**

62 - Packer L , oxidants Antioxidant Nutrients and The Athlete, J Sports Sci 1997 , 15 : 353 - 416 . **[Medline].**

63 - Priscilla M Clarkson and Heater S Thompson : Antioxidants What Role Do They Play In Physical Activity and Health ? Am J . Clinical Nutr , 2000 Vol . 72 , No , 2, 637s - 646s , **[Medline].**

64 - Reid, M, B. Plasticity In Skeletal , Cardiac , and Smooth Muscle : Invited Review : Redox Modulation of Skeletal muscle Contraction : What we Know and What We Do not. J Appl , Physiol 2001 . 90 : 724 - 731 [ Abstract ] [ Full Text ] .

65 - Sen CK, Rankinen T, Vaisanen S, Rauramaa R, Oxidative Stress After Human Exercise : Effect of N - Acetylcsteine Supplementation . J Appl Physiol 1994 , 76 : 2570 - 2577 . **[Medline].**

66 - Sahlin K, Ekberg K , Cizinsky S , Changes In Plasma Hypoxanthine and Free Radical Markers During Exercise In Man , Acta phsiol Scand 1991 , 142 : 263 - 281 . sssssssss

67 - Strling Rd, Trappe Ta , Short Kr , et al , Effect of Inosine Supplementation on Aerobic and Anaerobic and Cycling Perfomance Med Sci Sports Exerc 1996 . 28: 1193 - 1201 . ssssssss

68 - Suminki Rr , Robertson Rj , Goss Fl Et , Acute Effect of Amino Acid Ingestion and Resistance Exercise on plasma Growth Hormone Concentration In Young Men Int , J Sport Nutr 1997 , 7 : 48 - 60 . sssssss

69 - Sagara, Y , Dargusch R, Chambers D, Davis j , Schubert D, and Maher P, Cellular Mechanisms of Resistance To Chronic Oxidative Stress , Free Radic Biol med 24 : 1998 1375 - 1389 , **[Medline].**

70 - Sen CK, Roy S, Packer L, Exercise Induced oxidative Stress and Antioxidant Nutrients In : Maughan Rj , Ed International Olymmpic Committe Encyclopaedia of Sports Medicine : Mutrition In Sport, Oxford , Unitd Kingdom : Blackwell Science Ltd (Int) Online 2000 , pp 292 - 317 . **[Medline].**

71 - Sen CK, Packer L, .Antioxidant and Redox Regulation of Gene Trancription Faseb J 1996 , 10 : 709 - 729. **[Medline].**

72 - StoneMh, Sanborn K, Smith Li , et al , Effects of In - Season ( 5 - Weeks ) Creatine and Pyruvate Supplementation on Anaero-

bic Performance and Body Composition in American Football patyerd , Int J Sport Nutr 1999, 9 : 146 - 211 . **[Medline].**

73 - Toskulkao C, Glinsukon T, Endurance Exercise and Muscle Damage: Relationship To Lipid Peroxidation and Scavenging Enzymes In Short and Long Distance Runners , Jpn J Phys Fitness Sports Med 1996 , 45 : 63 - 70 . **[Medline].**

74 - Takashashi et al , Hire/Increases Hair Growith Nd Follicle Cell , 1999 . pp 1 - 9 .

75 - Tessier F, Margaritis I, Richard M, Moynot C, Marconnet P. .Selenium and Training Effects of The glutathione System and Aerobic Performance Med Sci Sports Exere 1995 , 27 : 390 - 396 . **[Medline].**

76 - Vasankari Tj, Kujala Um, Rusko H, Sarna S, Ahotupa m, The Effect of Endurance Exercise At Moderate Altitude On Serum Lipid Peroxidation and Antioxidative Functions in Humans , Eur J Appl Physiol 1997 , 75 : 396 - 405 . **[Medline].**

77 - William J Evans : Vitamin E, Vitamin c , and Exercise , Am . J Clinical Nutr , 2000 Vol , 72 , No . 2, 647s - 652s . **[Medline].**

78 - Yu Bp, Cellular Defenses Against Damage From Reactive Oxygen Species Physiol Rev 1994 , 74 : 139 - 162. **[Medline].**

79 - Exercise - Induced Muscule Damage - Exercise - Induced oxdative Stress - Delayed - Onset Muculer Soreness (Doms) Skeletl Muscle Regeneration , 1-3 . 2002 (Net) Http: //www. Rohan . Sdsu / Ens632/Damage Repair .htm

80 - Antioxidanta and Exercise (Net) Http ://www. Exrx.Net/ Nutrition/ Antioxidant / Antioxidants/ Html .

81 - Athletic Performance, www.gnc.com/heaith / concern.

82 - Thomas Incledon. performance Nutrition Antioxidants Partl . (Int) Http://www.T.Mage.Com/Html/Body 99anti.Html

83 - Radicals Affect Performance by mike adams www.hitekracing . com
84 - Understanding Freee Radicals and Antioxidants 2002 . (Net) Http :// www.Health Checksystems . Com/ Antioxidant . htm .

- مواقع على الشبكة العالمية للمعلومات (Internet) في مجال البحث :

1 - Irvaine, Calif, Uciresearch Finds Antioxidant Vitamins E and C Increase Nitric Oxide , Carb Hypertension . July 31 ,2000 (Int) (Www, Ucihealth. Com ).
2 - Hittp : //Www, Exrx, Ntt/Nutrition/Antioxidant / Vitamin C. Html .
3 - Hittp : //Www, Exrx, Ntt/Nutrition/Antioxidant/ Vitamin C. Html.
4 - Hittp : //Www, Exrx, Ntt/Nutrition/Antioxidant / Vitamin C. Html .
5 - Nutraceuticals and Herbal Remedies ( Ent ) (Http://www, I-Nutraceutical , Com ) .
6 - E-Antioxidant . Net : Information About Free Radical and Antioxidants (Vitamin C, Selenim . Beta Carotene (Www, E-Anti . Net )
7 - ncbi,nim,mh.gov/entre2
8 - findarticles . com
9 - free medical journals.com

**Journals :**

1 - J Appl Physiol .
2 - Med sci Sports Exere .
3 - Free Radic Biol Med .
4 - J Phys Fitness Sports Med .
5 - Am.J.Clinical Nutr.
6 - J Sports Sci.
7 - Int J Sports Med .
8 - J Trace Elem Med Biol .
9 - Am J Cardiol .
10 - Free Radic Res .
11 - Can J physiol Pharmacol .